



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

TRABAJO FIN DE GRADO  
INGENIERÍA INFORMÁTICA

# Implantación de una infraestructura de red a una empresa portuaria

---

**Autor**

Kais Harim del Pino

**Directores**

Germán Santos Boada  
Mokhtar Meskini

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat d'Informàtica de Barcelona



---

Barcelona, 22 de enero de 2018

---

# Índice

1. Introducción .....	4
1.1.TOS.....	4
1.2.Stakeholders .....	6
2. Estado del arte.....	8
2.1.Inicios.....	8
2.2.Estado actual.....	8
3. Formulación del problema .....	10
3.1.El problema.....	10
3.2.Objetivos .....	11
4. Alcance del proyecto .....	13
4.1.Meta final .....	13
4.2.Posibles obstáculos .....	13
5. Solución propuesta .....	15
5.1.Análisis .....	16
5.2.El CPD .....	16
5.3.La terminal.....	38
6. Planificación temporal del proyecto .....	54
6.1.Planificación general .....	54
6.2.Plan de acción y valoración de alternativas.....	54
6.3.Descripción de las tareas .....	55
6.4.Dependencias .....	56
7. Recursos .....	58
7.1.Recursos personales .....	58
7.2.Recursos materiales.....	58
8. Gestión económica del proyecto.....	60
8.1.Estimación de costes.....	60
8.2. Control de gestión.....	64

9. Sostenibilidad y compromiso social .....	65
9.1.Ambiental .....	65
9.2.Económico.....	65
9.3.Social.....	65
9.4.Matriz de sostenibilidad .....	66
10. Conclusiones.....	67
11. Referencias .....	68

# 1. Introducción

El transporte de mercancías se ha convertido hoy en un pilar fundamental de la industria en este mundo globalizado. Es el responsable de mover los productos terminados, materias primas e insumos, entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente, y agrega valor a los productos transportados cuando estos son entregados a tiempo, sin daños y en las cantidades requeridas. Igualmente, el transporte es uno de los puntos clave en la satisfacción del cliente. Sin embargo, es uno de los costes logísticos más elevados y constituye una proporción representativa de los precios de los productos. Por ello, está en constante desarrollo para optimizar tiempo y coste en la manutención de las mercancías. Actualmente, el 90% del transporte mundial de mercancías se realiza por vía marítima [1], esto implica que se ha de tener una infraestructura portuaria potente y competitiva para gestionar este flujo de mercancías. Este proyecto, pretende que el puerto de Nouakchott, situado en la capital de Mauritania, se establezca como puerto de referencia en las rutas verticales de los buques de carga. Esto exige que se dote a la terminal con las últimas tecnologías de información, para el tratamiento de los procesos en tiempo real y la optimización de las operaciones portuarias.

## 1.1. TOS

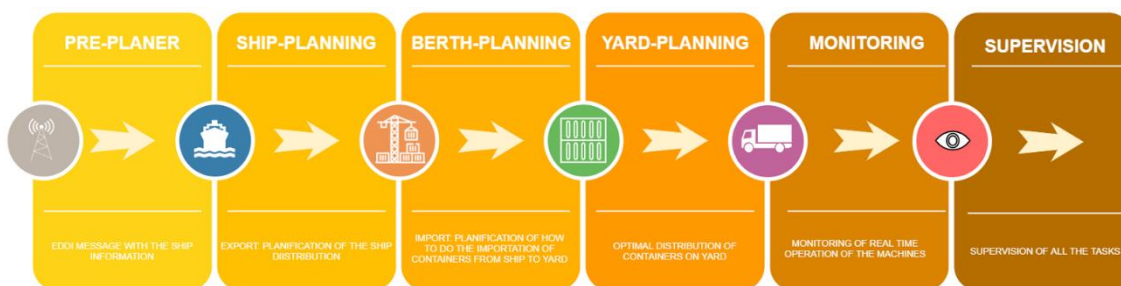
El sistema operativo para terminales de contenedores (TOS) asegura el éxito a largo plazo de una terminal al aportar eficiencia, adaptabilidad, rentabilidad y ampliabilidad. En este mundo en rápido cambio, los operadores de terminales necesitan un sistema de gestión que aumente la eficiencia operativa de las terminales de contenedores y apoye el crecimiento futuro, reduciendo al mismo tiempo los costes operativos y manteniendo unos servicios orientados al cliente. Este software permite planificar el atraque de los buques, la carga y descarga y la distribución de los contenedores en la terminal. De esta manera se optimiza cada uno de los

movimientos de la terminal, y se supervisa y monitoriza para garantizar la mayor eficiencia posible. Las características principales son:

- Monitorización de la terminal
- Planificación de las operaciones
- Elaboración de informe de cada carga/descarga de barcos

La logística del TOS es la siguiente: Cuando un barco va a llegar a un puerto, éste envía un mensaje vía EDI al ordenador que contiene el software. En nuestro caso, este ordenador estará localizado en un CPD, del cual emanarán todas las comunicaciones. Una vez el software haya procesado toda la información recibida por el barco, el programa crea un plan de operaciones para la terminal, que es enviado a empleados expertos en operaciones portuarias, que verifiquen y hagan las modificaciones necesarias para que las operaciones sean lo más óptimas y eficientes. Una vez realizada esta fase, los operarios que se encuentran en la terminal comienzan a recibir datos procedentes del CPD, para ir posicionando los contenedores descargados del buque a lo largo de la terminal. Esta operación también puede ser de carga, en este caso la operación se haría en orden inverso.

Para poder usar esta tecnología, se requiere de otros componentes asociados para un correcto funcionamiento: un CPD capaz de procesar todos los cálculos del software y enviar la información a los demás operarios; y una infraestructura de red a lo largo de la terminal para poder enviar y recibir los datos de las operaciones portuarias.



*Ilustración 1: Esquema del funcionamiento del TOS*

## 1.2. Stakeholders

Una vez conocido el contexto, veamos a continuación quienes son los actores implicados:

- 1) Director, tutor y alumno. Estos participantes, son las principales personas encargadas en hacer que el proyecto salga adelante y controlar que se siguen las pautas establecidas y se cumplen los tiempos regulados. Mokhtar Meskini, no solo es el director del proyecto, sino que también es el CEO de la empresa en la cual se lleva a cabo el proyecto. Es el encargado de aprobar las decisiones económicas y supervisar la evolución del proyecto. Germán Santos Boada es el correspondiente tutor del proyecto y su función es guiar y asesorar al alumno durante el desarrollo del Trabajo de Final de Grado. Kais Harim del Pino es el alumno encargado de llevar a cabo el proyecto, que participará como IT Manager en la empresa portuaria (OPM) durante el periodo de desarrollo del proyecto.
- 2) Empresa Portuaria. Es la entidad en la que se llevará a cabo el proyecto de instalación de la infraestructura de red para la optimización de los procesos portuarios. Saldrá enormemente beneficiada, tras la implantación de la infraestructura de comunicaciones, gracias a un aumento en la productividad en sus operaciones y como consecuencia un mayor flujo de actividad gracias al buen rendimiento.
- 3) Estado de Mauritania. El país de Mauritania saldrá beneficiado de este proyecto, ya que, al dotarse de un puerto con última tecnología, implicará un aumento en las importaciones y exportaciones marítimas, que esto se traduce en una mayor oferta y como consecuencia una bajada de precios de las importaciones.

Mauritania, al ser un país que apenas produce, requiere de mucha importación, por lo tanto, tendría un beneficio directo. Por otra parte, se situaría como puerto de referencia para las exportaciones de los productos que produce Malí, Burkina Faso, Níger y de su propia producción minera y gaseosa, y al posicionarse como puerto principal de exportaciones, tendría un beneficio económico notable en el entorno económico, empresarial y social.

- 4) Empresas marítimas de transporte. Son las propietarias de los buques de transportes de contenedores. Gracias a estas compañías, el tránsito de mercancías es posible. Con el desarrollo de este proyecto, las compañías marítimas de transporte saldrán beneficiadas al poder contar con el apoyo de una terminal eficiente en las rutas verticales. Pudiendo atender las necesidades de la región evitando pasar por el costoso canal de Suez. También reportarían un beneficio en sus operaciones, ya que una optimización de las operaciones de la terminal en tierra implica una mayor agilidad en la carga y descarga de los buques, lo que conlleva a una disminución de los gastos en servicios por ambas partes.

## 2. Estado del arte

### 2.1. Inicios

Dada la importancia de los puertos y los cambios presentados en los últimos años en la globalización de la producción a nivel mundial, se convierte en un reto para los países satisfacer la creciente demanda, lo cual implica mejorar las actividades y operaciones logísticas que se desarrollan dentro de un puerto. Si nos remontamos a 1993, podremos encontrar el primer puerto que apostó por la automatización de sus tareas, ECT Delta Terminal –Puerto de Rotterdam, Países Bajos– [2]. Estaba equipada con Automated Stacking Cranes (ASCs) y Automated Guided Vehicles (AGVs), por lo que prescindía de operadores en la manipulación de los equipos de almacenamiento e interconexión, respectivamente. Desde la década de los 90 son muchas las TPCs (Terminales Portuarias de Contenedores) que se han sumado a la automatización, consolidándose esta como una tendencia universal y permanente en el sector. Gracias a los avances tecnológicos y de la informática, han surgido softwares que son capaces de elaborar cálculos precisos para optimizar cada movimiento dentro de la terminal, aumentando hasta en un 20% la productividad de la terminal [3]. Este software recibe el nombre de TOS (Terminal Operating System) y se puso en marcha por primera vez en 1980. Con el paso del tiempo, el software ha ido asimilando las demandas del creciente mercado y han ido surgiendo nuevos módulos de manera que hoy en día se puede monitorizar toda una terminal de contenedores desde una pequeña sala de ordenadores. El TOS permite elaborar el berth-planning (colocación de los contenedores dentro del barco) y el yard-planning (colocación de los contenedores dentro de la terminal) de la manera más óptima posible, ahorrando millones de euros a las terminales de contenedores y a las empresas de transportes [4].

### 2.2. Estado actual



Hoy en día podemos ver claramente como cada vez más puertos se suman a la automatización de los procesos y cada una de las tareas están programadas. Para ello, es necesario que cada uno de los componentes estén completamente conectados con la oficina central dónde se monitorizan todas las operaciones. Un ejemplo de ello es el puerto de Qingdao (China) o la terminal de contenedores de Long Beach (Estados Unidos) [5]. El principal autor de este cambio es la empresa de software y automatización portuaria *Navis*, pero esta compañía no es la única responsable del cambio. Detrás de todos estos programas de monitorización y automatización existe una infraestructura de comunicaciones responsable de que toda la información de la terminal sea procesada en tiempo real por los servidores, y sea visible por el personal responsable. Podemos encontrar empresas como *Luceor* [6] o *Rajant* [7], que ofrecen soluciones para mantener toda la terminal conectada y permiten que la información sea transmitida a la vez que los contenedores se mueven a través de la terminal. Todas estas tecnologías de comunicaciones son posibles gracias: a la aparición de nuevos protocolos WiFi como es el 802.11ac, que permite un mayor alcance en las conexiones y un mayor ancho de banda; a la aparición de antenas que operan de manera dual-band a 2.4 - 5 GHz, con lo que se consigue tener redundancia en caso de pérdidas de señal por interferencias con el entorno; y al desarrollo de la fibra óptica, que permite transmitir los datos a la velocidad de la luz. Todos estos avances hacen posible que la información esté disponible instantáneamente en cada uno de los nodos de la red del puerto.

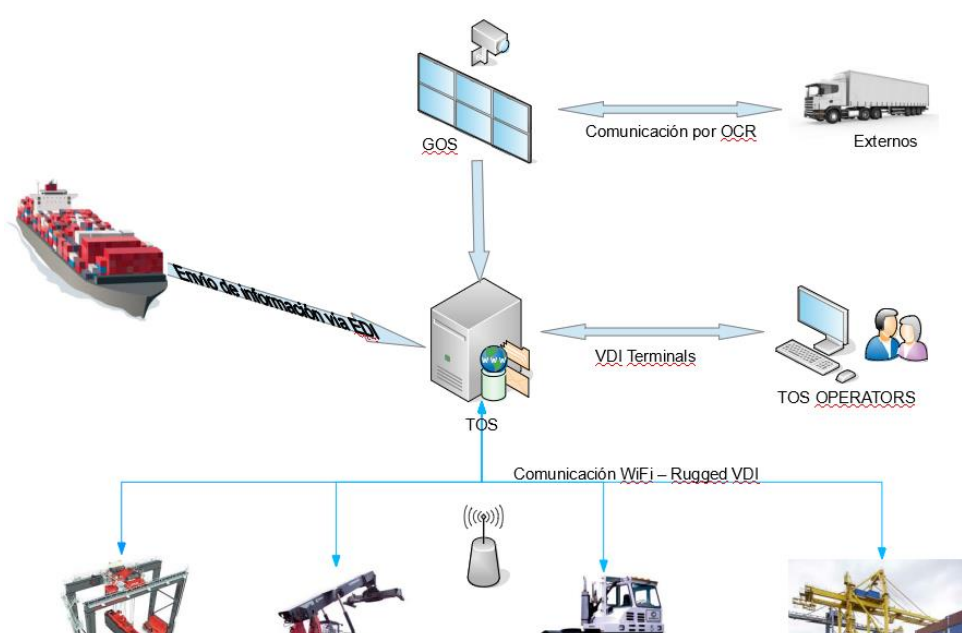
Una vez analizado el abanico de posibilidades que tenemos a disposición en la actualidad habría que definir las necesidades de la terminal y el tráfico de contenedores que puede llegar a albergar. Con esta información se podrá decidir qué grado de automatización se desea, y que solución es la más pertinente acorde con la envergadura de la terminal.

### 3. Formulación del problema

#### 3.1. El problema

La implantación de la infraestructura de red a la terminal de contenedores de Nouakchott, es un verdadero challenge de ingeniería debido a las condiciones de subdesarrollo que presenta el país donde se lleva a cabo el proyecto. Por otra parte, hasta ahora, todas las operaciones portuarias se han realizado de forma manual, y las comunicaciones se hacían por radio. Con estas características eran capaces de tratar 40.000 TEUs anuales. Con el desarrollo del proyecto, se conseguirá automatizar todos los procesos y almacenar todos los registros de las operaciones en una base de datos, que podrá ser consultada por las compañías o por la propia empresa en caso necesario.

El proyecto resolverá todos estos problemas y dotará a la terminal de una infraestructura de red redundada y eficaz para conseguir llegar a la cifra de 200.000 TEUs anuales sin necesidad de modificar la arquitectura de la terminal. Simplemente, gracias a la optimización de las operaciones,



*Ilustración 2: Esquema general del proyecto*

mediante la implantación del software adecuado y de la infraestructura de comunicaciones pertinente.

### **3.2. Objetivos**

El objetivo de la terminal de contenedores de la empresa OPM (empresa en la cual se lleva a cabo el proyecto), es que el puerto de Nouakchott pase a formar parte de los puertos posicionados en las rutas verticales de buques de mercancías. Para ello, aparte de dotarse con la mejor maquinaria del mercado, requiere tener la última tecnología en la automatización y monitorización de las operaciones portuarias. Es en este último apartado, donde entra en juego la infraestructura IT en la cual participo. Con esta mejora, se prevé alcanzar la cifra de 200.000 TEUs anuales (acrónimo del término en inglés Twenty-foot Equivalent Unit, que equivale a un contenedor estándar).

Por tanto, el objetivo principal de este proyecto es dotar de una infraestructura de red fiable a la empresa portuaria para que, pueda mantener una comunicación continua entre todos los nodos de la terminal y el software que se encarga de optimizar cada operación del puerto.

Para llevar a cabo los objetivos mencionados, se tendrán que cumplir los siguientes objetivos específicos:

1) **Diseño de la infraestructura de red.** Búsqueda de la mejor tecnología, diseño de una red fiable e implantación de esta.

2) **Creación de un CPD** donde albergar las aplicaciones de la terminal, el conmutador de las antenas de comunicación WiFi, el router que comunicará con el exterior y los servidores de almacenamiento para las bases de datos y backup.

3) **Adquisición de los equipos necesarios para las comunicaciones.** Éstos serán los terminales que recibirán y enviarán información al software.

4) **Configuración de los terminales remotos** que accederán a la aplicación (operadores de la terminal).

5) **Análisis de resultados.**

## 4. Alcance del proyecto

### 4.1. Meta final

Con la implementación del proyecto se pretende mantener en constante comunicación el software encargado de la monitorización del puerto con todas las máquinas y operarios que componen la terminal. Por tanto, la terminal estará equipada con un CPD de última generación y bajo en consumo, el cual tendrá alojado en un servidor el software encargado de monitorizar y automatizar todos los procesos. De este CPD saldrán todos los enlaces de fibra óptica hacia las antenas WiFi encargadas de emitir y recibir la señal de los diversos dispositivos. La terminal tendrá una red accesible desde cualquier parte de la terminal y redundada en caso de que caiga algún enlace.

### 4.2. Posibles obstáculos

Durante la definición del proyecto se han encontrado ciertos puntos que pueden suponer un obstáculo a la hora de implementar el proyecto. Por ello se deberían tener en consideración y enfatizar más en las siguientes secciones:

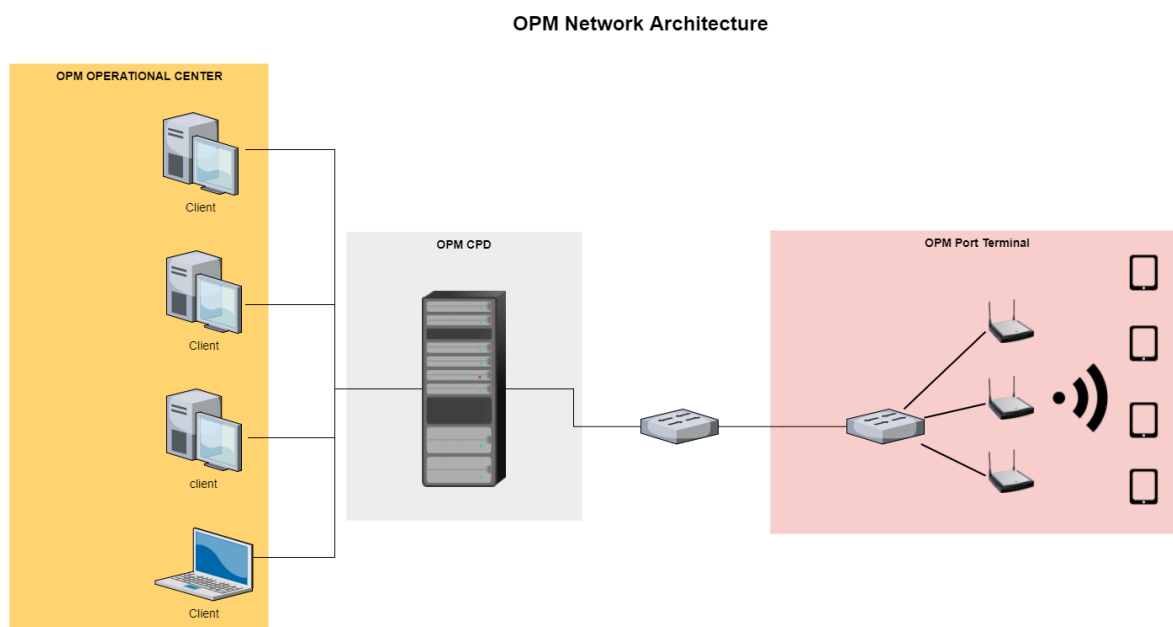
- Zonas oscuras en la señal WiFi por las pilas de contenedores. La pila de contenedores puede llegar hasta una altura de 4 contenedores que equivalen a 10.36m y una anchura máxima de 6 contenedores con una longitud total de 13.68m. Cuando los supervisores y los operarios están transitando entre filas de contenedores, la intensidad de la señal puede ser muy baja y la transmisión se puede parar.
- Zonas limitadas para instalar los AP. La terminal principal dispone de 4 postes de luz de una altura de 50m cada uno, y en la terminal secundaria hay 2 torretas de luz con las mismas características. En el plan arquitectónico se diseñó que en la misma canaleta por la que pasa la electricidad de la luz, pueda incorporarse un cable de FO. De esta

manera, las torretas de luz se convierten en el lugar idóneo para posicionar los AP

- Duras condiciones climatológicas. El clima en Nouakchott está en continuo cambio, a veces hace frío y otras puede llegar hasta los 50°C. Habitualmente es soleado y claro, pero son frecuentes los fuertes vientos que a su paso levantan gran cantidad de arena, lo que dificulta la visión y las transmisiones. Los principales inconvenientes de este clima sahariano, es que la arena está compuesta en gran parte por silicio. También hay una alta humedad y al ser una ciudad costera con mucho viento se aprecia una gran cantidad de sal en el aire. Todo esto dificulta enormemente las señales y el mantenimiento de los equipos.
- Inexistencia de Fibra Óptica. Actualmente en el país no hay instalación de FO debido a que no hay demanda.
- Poca estabilidad de la red eléctrica. La red eléctrica del país es paupérrima y sufre constantes caídas debido a la inestabilidad de la electricidad.

## 5. Solución propuesta

Tras analizar todos los requisitos del proyecto, se ha diseñado la siguiente solución:



*Ilustración 3: Esquema general del proyecto*

El punto neurálgico de la arquitectura, en este caso es el CPD, donde está alojado el router que posee salida a internet. Este router está conectado al switch de nivel 2 que gestiona la red interna de las oficinas principales de OPM donde se lleva a cabo el control de las operaciones del puerto y donde se encuentra el servidor que tiene alojado el TOS. Por otro lado, de este router sale un cable de Fibra Óptica hacia la terminal del puerto, donde se encuentra la red wifi para comunicar el TOS con los operarios. A continuación, se detallará la parte del CPD y las oficinas de operaciones, y, por otra parte, la red wifi de la terminal.

### 5.1. Análisis

Para esbozar el diseño final de la red, se ha analizado el throughput máximo que tendrá la aplicación. Con este análisis podremos conocer las necesidades de la red y qué solución será la más pertinente.

Sabiendo el número de máquinas que pueden trabajar simultáneamente en la terminal, 16 máquinas de manera paralela recibiendo información del software, y que cada uno de los paquetes que se envían a los terminales tienen un peso de 2Mb, el throughput máximo que puede alcanzar la red en un momento determinado es de:

$$\text{Throughput máx} = \frac{2Mb \times 16}{1s} = 32Mbps$$

En el sentido contrario, de los terminales hacia el CPD, los paquetes pesan menos de 2Mb, por tanto, se diseñará la red en función del throughput máximo calculado. El enlace entre el CPD y el switch del puerto será de Fibra Óptica, debido a que la distancia entre ambos es de 15km. Esta es una distancia que solo puede ser alcanzada con FO y no con una solución Ethernet.

Los trabajadores de las oficinas se podrá consultar toda la base de datos del programa, que está localizado en el CPD. Por ello, se buscará conseguir el mayor ancho de banda para que las consultas sean lo más ágiles posibles. Una vez analizado el planteamiento, se llega a la conclusión que la solución más óptima son conexiones a 100Mbps.

Por último, entre el switch de la terminal y los APs, el tráfico máximo que habrá será el throughput máximo anteriormente calculado.

## 5.2. El CPD

Como bien se comentaba anteriormente, el fin del proyecto es tener un software que permita monitorizar y optimizar todas las operaciones portuarias. Para poder conseguir esto, será necesario alojar este software en un servidor. Para que luego se pueda comunicar el programa con los operarios de la terminal, también será necesaria una infraestructura de comunicaciones. En la figura 3 se puede observar que del CPD emanan todas las comunicaciones. Por tanto, para



alojar el software y transmitir la información a la terminal, será necesario incorporar al CPD los siguientes elementos:

- Un **router**, el cual gestionará tanto el tráfico hacia el exterior como las comunicaciones internas.
- Un **Servidor**, donde se alojará el software que se desea incorporar a la empresa.
- Una **NAS**, para almacenar toda la información que se recauda del programa y poder tener una base de datos fiable.
- Un **Switch**, para enlazar el servidor con la NAS. Y para que el servidor sea accesible desde toda la red.
- Una **SAI**, para mantener el CPD siempre en funcionamiento en caso de que haya caídas eléctricas
- **Aire acondicionado**, de esta forma se mantiene siempre al CPD en una temperatura adecuada.
- **Seguridad**, para garantizar que no se interrumpe el funcionamiento del CPD, ni se exponen datos sensibles de la empresa al exterior.

En los siguientes apartados veremos con más detalles cada uno de los componentes del CPD y como han sido configurados para que cumplan con los objetivos planteados.

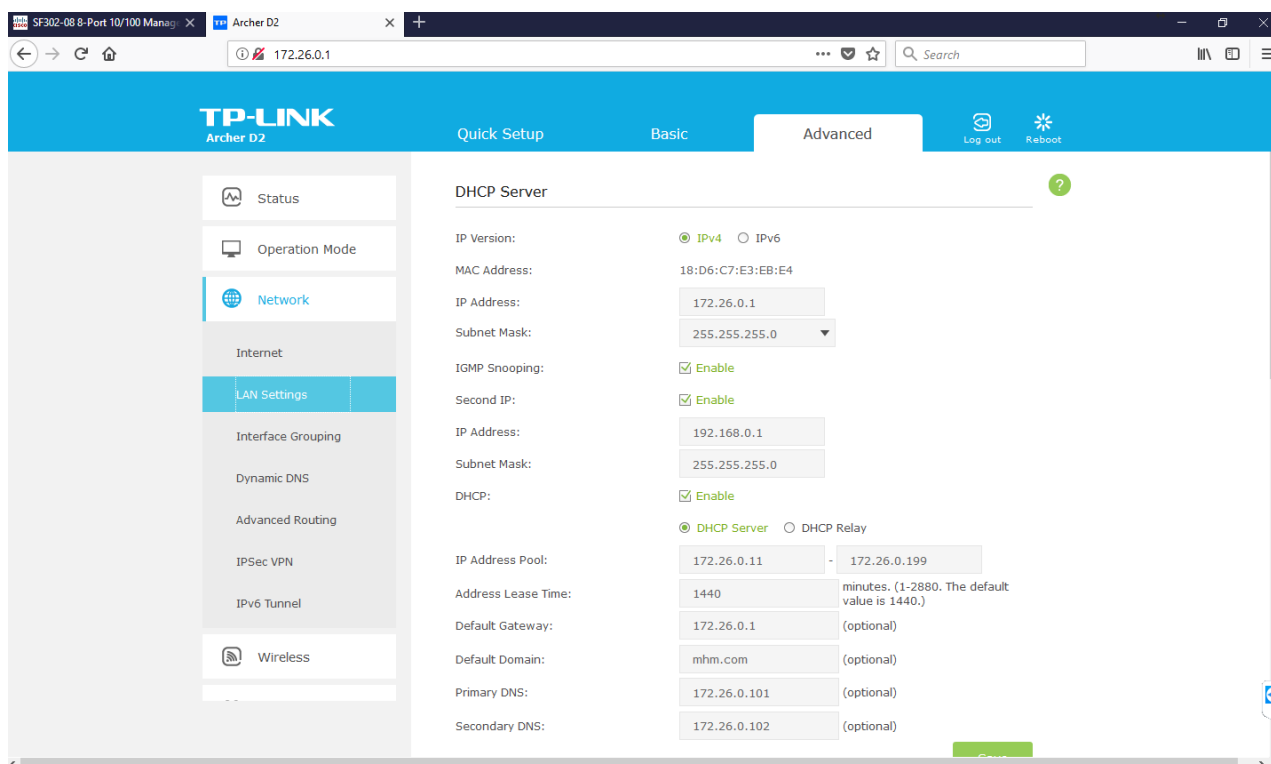
#### 5.1.1. Router

Para dotar de acceso con el exterior a la empresa se requiere un router capaz de direccionar el tránsito de paquetes hacia y desde el exterior.

Se le solicitó a Mauritel, la empresa de telefonía y comunicaciones de Mauritania, que el enlace al exterior sea de fibra óptica. También se creó un enlace de fibra entre la terminal portuaria y las oficinas. Una vez creado los enlaces de fibra, se adquirió un router que cumpliera con los requisitos del proyecto. Se eligió el TP-Link Archer D2, ya que dispone de puertos de Fibra Óptica, puertos GE para los enlaces con los switches y servidores, y WiFi dual-band para ofrecer conexión inalámbrica en la oficina central.

### 5.1.1.1 Configuración del router

La dirección IP que asignó Mauritel a la empresa es la 41.188.66.89. A partir de esta dirección se ha creado la LAN correspondiente para la red del proyecto. Se ha decidido utilizar una dirección clase C y crear dos subnets para distinguir la red de la terminal con la de las oficinas. La dirección asignada al router es la 172.26.0.1 La configuración del router es la siguiente:



*Ilustración 4: Panel de configuración del router*

A cada interfaz del router le asignamos un rango de IP distintas para diferenciar las dos subnets de la empresa, 172.26.0.X/25. A la interfaz del switch de las oficinas se le asigna el rango de IPs 172.26.0.1 ~ 172.26.0.127, y a la interfaz del switch de la terminal se le asigna el rango de IPs 172.26.0.129 ~ 172.26.0.255.

### 5.1.2. Servidor

Éste será el núcleo de la logística de la terminal. Del servidor emanarán todas las ordenes de operaciones y se recibirán las notificaciones de los pads de los operarios. Se ha dispuesto un servidor HP PROLIANT DL180

G9 con Windows 2012 R2 en el que se instalarán las máquinas virtuales dónde se alojará el TOS, el Firewall o el controlador de dominio.

Al tratarse de una empresa de pequeñas dimensiones, se estima oportuno virtualizar el servidor y crear diversos servidores virtuales con el vSphere ESXi Hypervisor, para así optimizar los recursos y ahorrar en costes como la compra de servidores específicos y su consumo asociado.

#### 5.1.2.1. Configuración del Servidor

A la hora de adquirir el servidor, se planteó la posibilidad de solo comprar uno, y dentro de este crear varios servidores virtuales para diversas funciones como Firewall, Controlador de Dominio o Servidor de Aplicación. Por ello, se le solicitó a la empresa que nos suministra el material hardware, *Redes System*, que configure el servidor con Windows Server 2012 R2 y VMware vSphere. Se establecieron las siguientes máquinas virtuales:

- **Firewall:** Esta máquina virtual ejercerá de firewall y se establecerán las reglas para las conexiones entrantes y salientes.
- **DC1/ DC2:** Ambas máquinas virtuales actuarán como Controladores de Dominio, DC2 redunda a DC1, para administrar y gestionar el acceso y permisos de los usuarios de la empresa a sus recursos.
- **IIS:** Es el Servidor Web que ofrece Windows en su Windows Server 2012 R2. Aquí podremos alojar aplicaciones web para que puedan usarlas todos los usuarios de la red que conozcan la dirección del servidor. De esta manera, los operarios que trabajan en la terminal, podrán acceder a la versión Tablet del TOS desde las grúas, camiones, etc..

- **Ubuntu:** Se crea una máquina virtual de Ubuntu, para alojar la base de datos MySQL. Se usa Ubuntu para evitar costes adicionales de licencias.
- **Vcenter:** Es la máquina virtual encargada de administrar todas las otras.

### 5.1.2.2. Configuración de las máquinas virtuales

#### 5.1.2.2.1. Firewall

Para evitar ataques a la red desde el exterior o que los usuarios realicen consultas o descargas que puedan perjudicar a la red se ha creado un Firewall en una de las máquinas virtuales. Para establecer todas las reglas de conexiones de entradas y salientes, se ha aprovechado la herramienta “Administrador del Servidor” de Windows Server, como podemos ver a continuación.

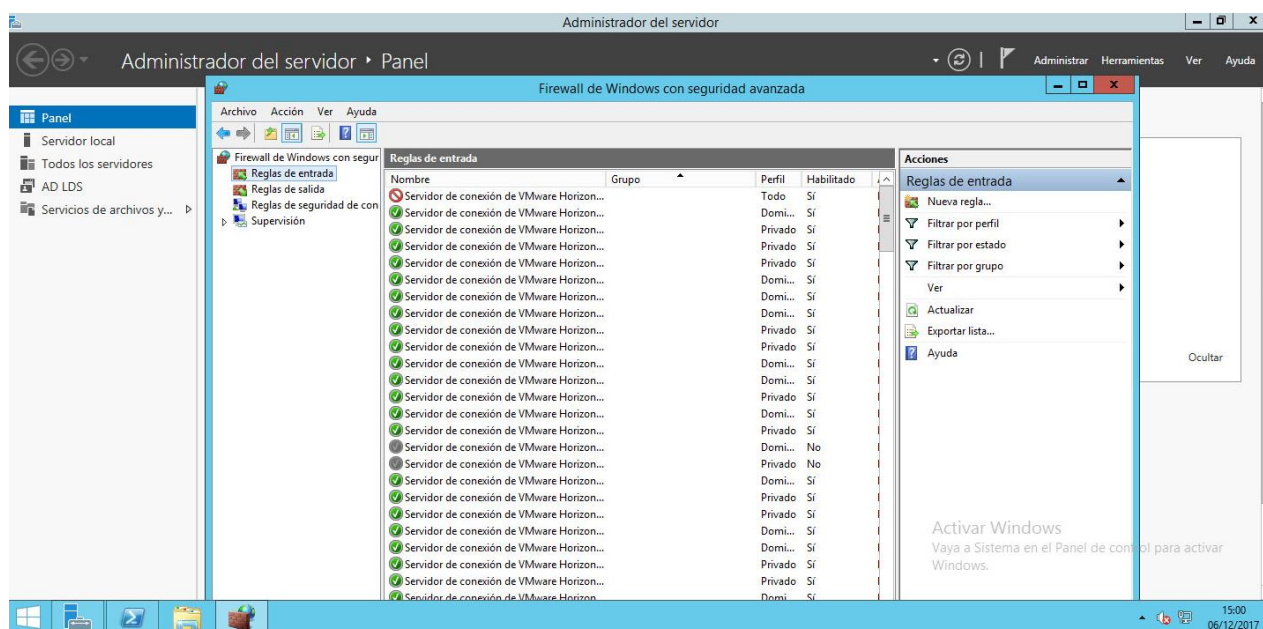


Ilustración 5: Configuración del Firewall en un Windows Server 2012

Entre todas estas normas, se han definido reglas a programas, puertos, predefinidas y personalizadas. A continuación,

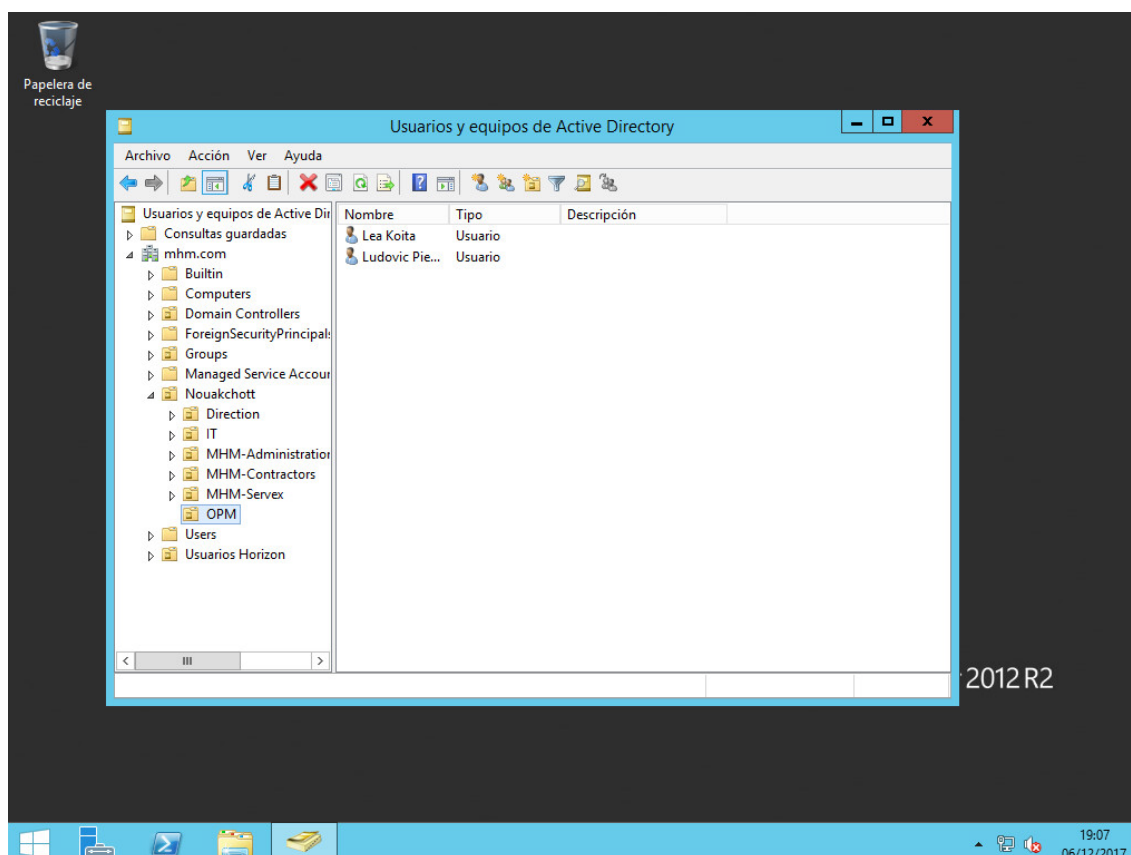
veremos una [8] con los puertos que se han bloqueado y su razón.

Puerto	Protocolo	Razón
0	N/A	Es un puerto reservado que no debería ser usado por ninguna aplicación. Suele ser un puerto vulnerable
22	SSH	Este puerto permite el control del equipo, por lo que no conviene mantenerlo abierto
25	SMTP	Es un puerto inseguro, y spammers Botnet lo pueden usar para enviar spam.
67	BOOTP, DHCP	Es un puerto vulnerable a ataques maliciosos
135/139	NetBios	Permite compartir archivos en la red, por lo que sería peligroso que algunos archivos estén expuestos a intrusos
161	SNMP	Es vulnerable a ataques DDoS
445	MS-DS, SMB	Es vulnerable a ataques exploits y malwares como Sasser o el gusano Nimda
520	RIP	Es vulnerable a actualizaciones de rutas maliciosas, lo que podría derivar en un ataque a la red
547	DHCPv6	Es vulnerable a ataques maliciosos
1080	SOCKS	Es un puerto por el que los hackers suelen introducir ataques DoS, virus y gusanos
1900	SSDP	Es vulnerable a ataques DoS

*Tabla 1: Puertos bloqueados por el firewall y sus motivos*

#### 5.1.2.2.2. Controladores de Dominio

Este servidor virtual permite a los administradores reducir el costo y el esfuerzo de la administración de una red de dominio basado en Windows. AD facilita la centralización de los recursos y de gestión, así como la autenticación y autorización de usuarios. De esta manera a nivel de infraestructura existe un solo bloque. pero a nivel de usuario existen diversos bloques en los cuales puede tener o no acceso, y dependiendo del tipo de usuario, tendrá más o menos privilegios.



*Ilustración 6: Gestión de usuarios desde el DA*

Como podemos observar en la imagen, dentro del dominio (mhmm.com), existirán diversos grupos, donde cada grupo tendrá asignado unos privilegios de acceso a ciertos recursos. Una vez asignado al usuario un nombre de usuario y una contraseña, habrá que vincular al ordenador de su puesto de trabajo al dominio, dentro de la configuración de redes de trabajo.

#### **5.1.2.2.3. Máquina Ubuntu**

En esta máquina virtual se encuentra en la dirección 172.26.0.106, y en ésta se alojará la base de datos de la aplicación que monitorizará y automatizará los procesos de la terminal. Para que se pueda vincular la aplicación, que correrá en los ordenadores de los trabajadores, se creará un fichero de configuración de la aplicación que apunte a la BB.DD. de

Ubuntu. En ella se ha descargado y se ha configurado MySQL a través de la consola siguiendo los pasos de instalación [9].

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get upgrade
```

Con estos comandos conseguimos actualizar la lista de paquetes disponibles y obtener la última versión de éstos.

```
sudo apt-get install mysql-server
```

A continuación, descargamos el paquete que contiene la instalación de la última versión de MySQL Server.

```
sudo mysql_secure_installation
```

Con este comando procedemos a instalar MySQL en nuestro terminal.

```
mysql -u root -p
```

De esta manera podemos iniciar MySQL desde la terminal y comenzar a configurar todos los parámetros para poder usar la base de datos con nuestro programa.

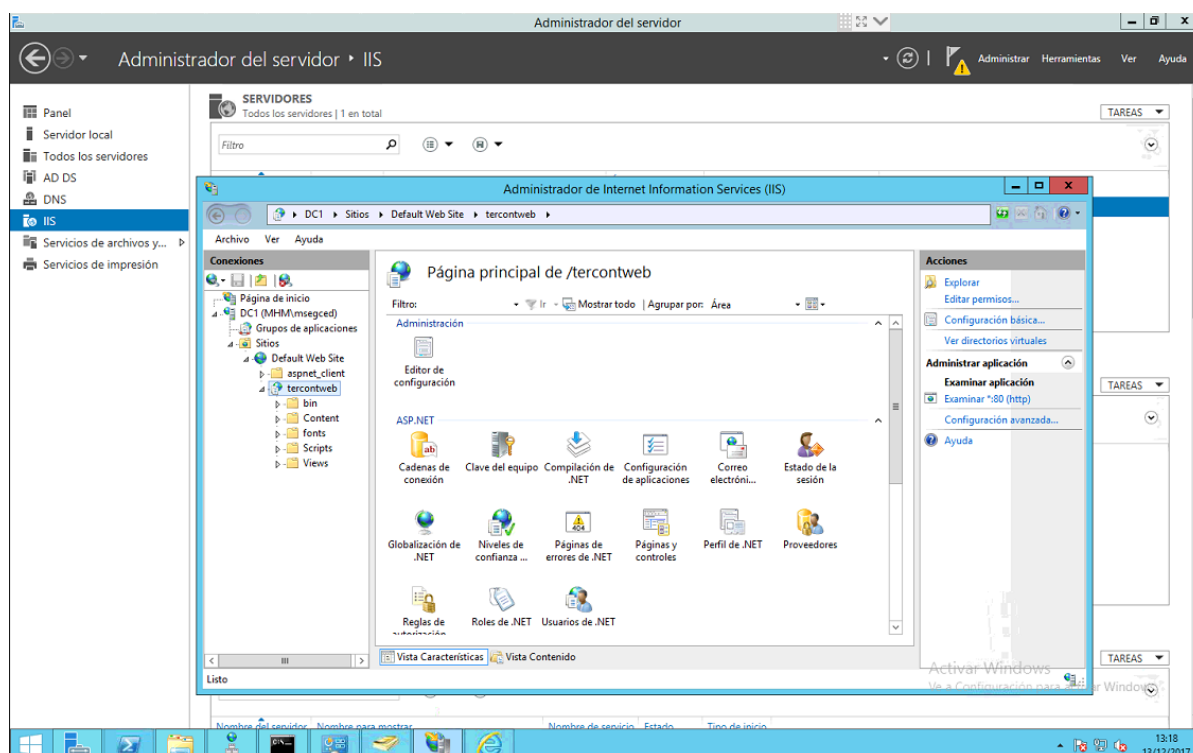
#### **5.1.2.2.4. IIS**

El IIS, como se comentaba anteriormente, es el WebServer que se usará en la empresa para poder ejecutar la versión Web del TOS desde cualquier parte de la red. Para ello, se ha usado una

de las máquinas virtuales, con dirección 172.26.0.103, para alojar aquí la aplicación mencionada.

Windows Server 2012 nos ofrece inmensidad de utilidades desde la Administración del Servidor. Para este servidor se ha decidido usar, única y exclusivamente la opción de IIS.

En la configuración del IIS, el programa nos ofrece un apartado llamado Administrador de Internet Information Services (IIS) donde nos da la posibilidad de añadir al Default Web Site, nuestra propia Web. Es aquí, donde se ha añadido la versión Web del TOS.

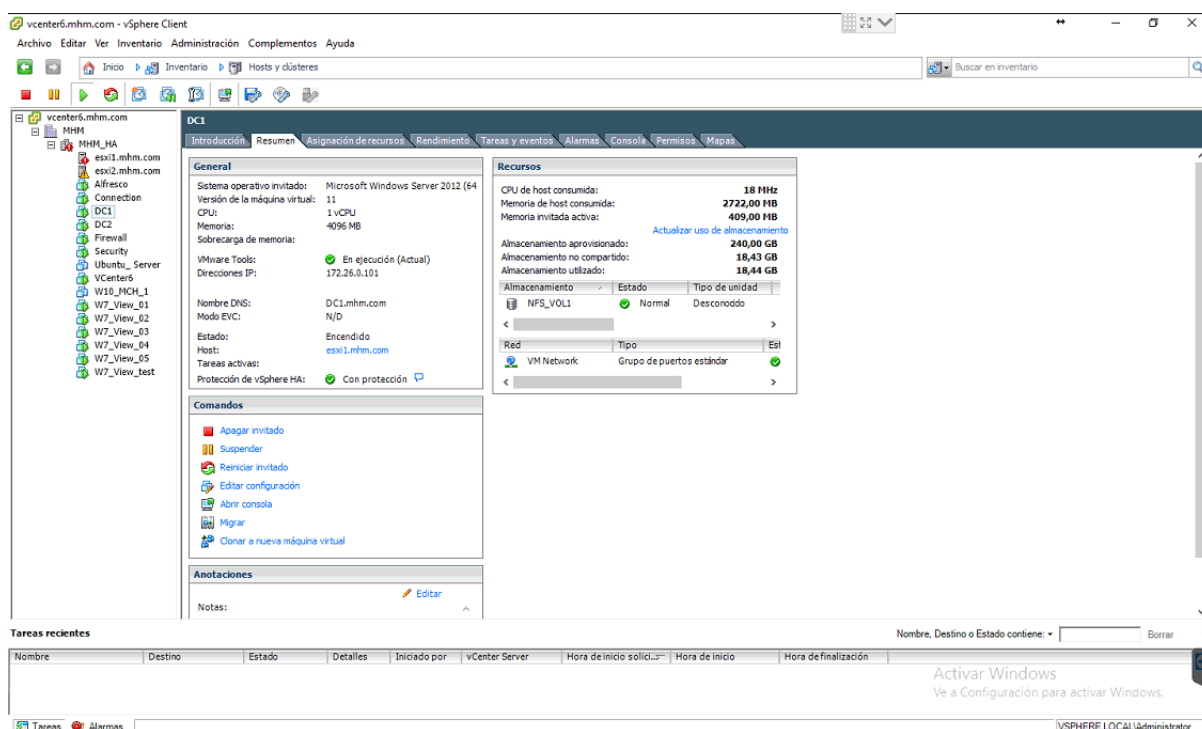


*Ilustración 7: Configuración del IIS*

#### 5.1.2.2.5. vCenter

El vCenter es la máquina virtual principal, encargada de administrar todas las demás. Es la máquina virtual que ofrece por defecto vSphere para automatizar y proporcionar una infraestructura virtual con total confianza.





*Ilustración 8: Panel principal del vSphere*

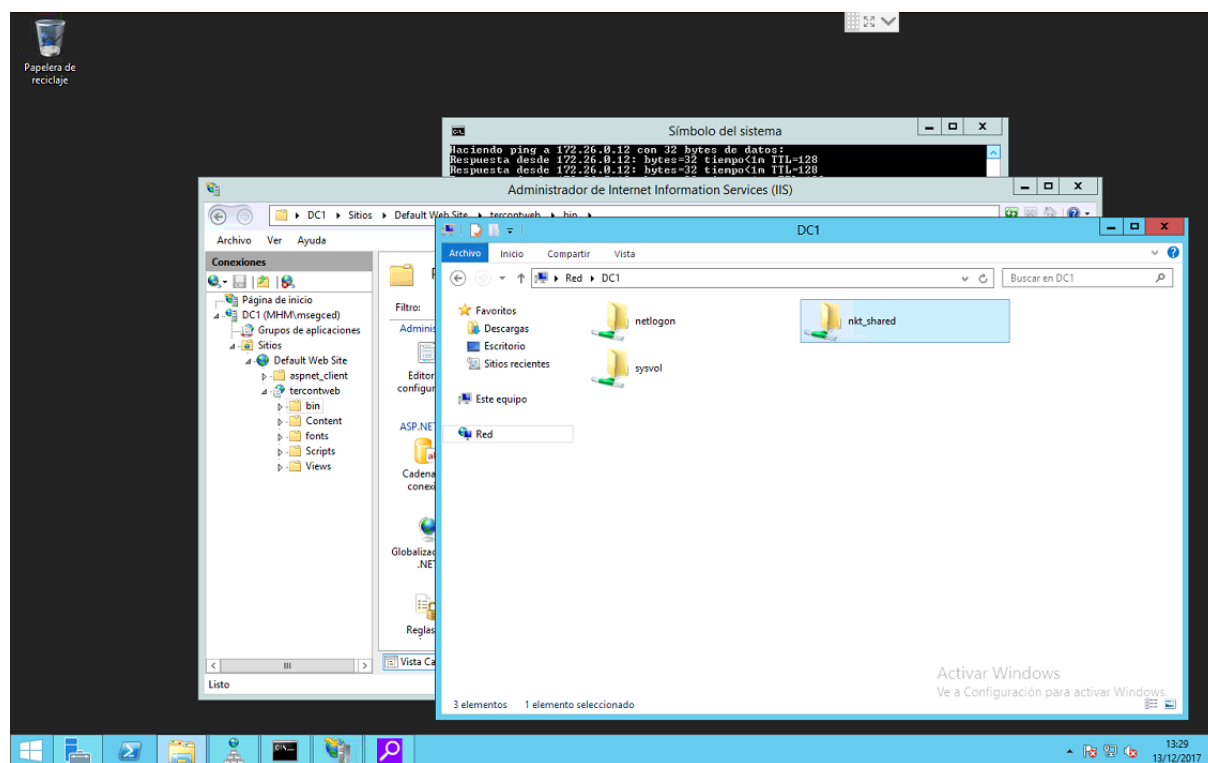
Desde la ventana principal del vClient se puede gestionar y acceder a las distintas máquinas virtuales, como se puede observar en la Figura 8.

### 5.1.2.3. Instalación del TOS

El TOS es una aplicación del estilo Cliente – Servidor, que será ejecutada por diversos tipos de usuarios. Todos ellos estarán localizados en las oficinas principales de OPM. Por ello, se ha creído conveniente que se cree el Directorio Activo un recurso compartido donde se encuentra el ejecutable del software. De esta manera, en caso de actualización de la aplicación, no será necesario modificar el ejecutable de cada uno de los ordenadores, sino, solamente habrá que modificar el que se encuentra en el DA y posteriormente actualizar el acceso directo del ordenador del usuario.

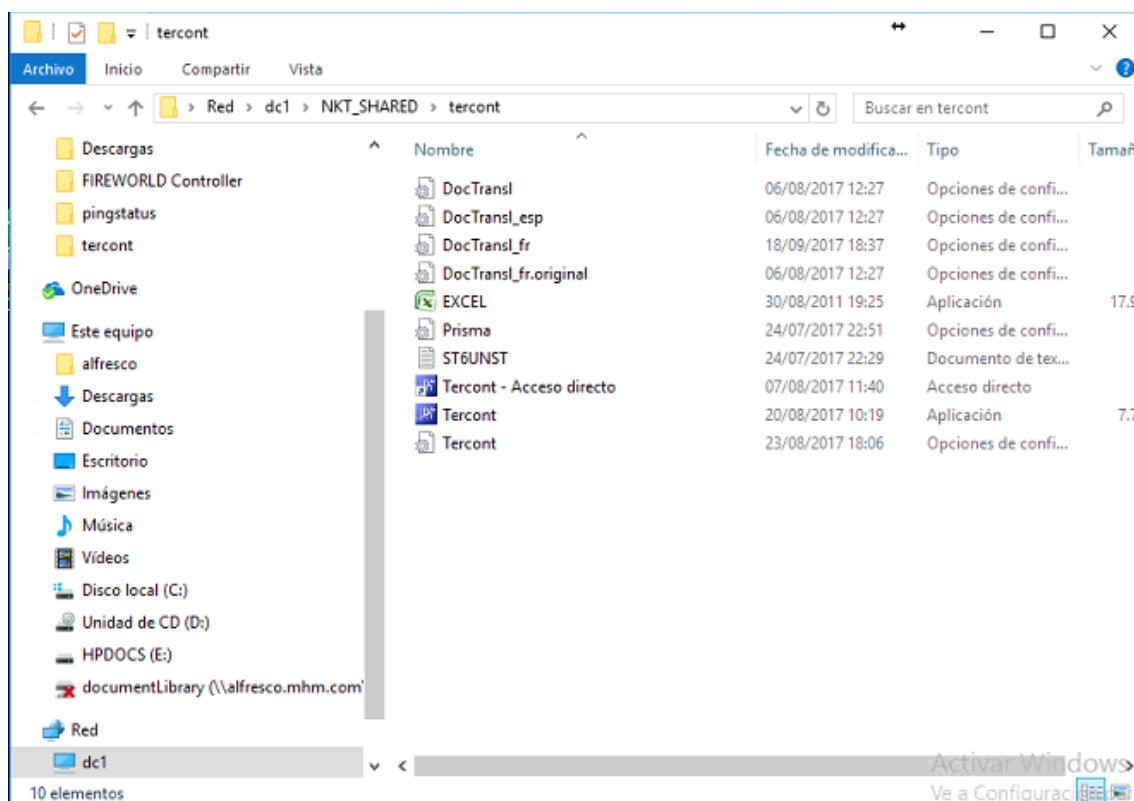
Para este propósito, se ha creado una carpeta de recursos compartidos para software esencial para los trabajadores de las oficinas, a la cual se ha limitado el privilegio de modificación al administrador de sistemas.

En esta carpeta es donde se ha añadido el ejecutable del software Tercont (el nombre del TOS adquirido por OPM).



*Ilustración 9: Carpeta de recursos compartidos del servidor DC1*

Si accedemos a esta carpeta desde cualquier puesto de trabajo el contenido que veremos es el siguiente:



*Ilustración 10: Carpeta de recursos compartidos donde se encuentra el TOS*

### 5.1.3. NAS

Para almacenar todos los datos generados por los servidores, usuarios y programas se ha dispuesto un sistema de almacenamiento en disco. Ya que el volumen de datos de la empresa es mediano, se estima que el con una NAS DS2246 NETAPP de 12 discos de 600Gb se cubrirá la necesidad de la compañía. Se han dispuesto 2 cabinas de forma redundante, en caso de que falle una todos los datos se encuentran redundados en la otra. Este “cluster” de servidores NAS se encuentra en la dirección 172.26.0.110, si accedemos a esta IP como administrador, se podrá configurar todo lo referente al almacenamiento.

Para poder asociar el almacenamiento de los servidores con la NAS, se ha tenido que incorporar un Switch entre ambas máquinas, ya que disponemos de 2 servidores físicos con dos puertos cada uno que se han de conectar a la NAS, la cual solo dispone de 2 puertos. Por tanto, se han creado 2 VLANs, una de storage y otra de gestión, en el switch para poder

acceder a la NAS (en el apartado 5.1.4. se detalla con precisión como se han creado estas VLANs).

### 5.1.3.1. Configuración de la NAS

Se ha instalado Linux como sistema operativo y dentro de éste, se ha instalado el VServer de Linux, para gestionar todo lo referido al almacenamiento. En él, se han creado un sistema de almacenamiento SVM\_NFS1, y un sistema de gestión llamado Jostic-01.

```

size          Set/Display the size of the volume.
snapshot>    Manage snapshots
unmount>     Unmount a volume

Jostic::volume> show
Vserver  Volume  Aggregate  State  Type  Size  Available  Used%
-----
Jostic-01 vol0  aggr0_Jostic_01  online  RW    348.6GB  317.9GB  8%
Jostic-02 vol0  aggr0_Jostic_02  online  RW    348.6GB  318.6GB  8%
SVM_NFS1 NFS_VOL1  sas_data_1  online  RW    1TB     704.4GB  31%
SVM_NFS1 NFS_VOL2  sas_data_1  online  RW    100GB   94.92GB  5%
SVM_NFS1 SVM_NFS1_root sas_data_1  online  RW    1GB     972.5MB  5%
5 entries were displayed.

Jostic::volume> cd

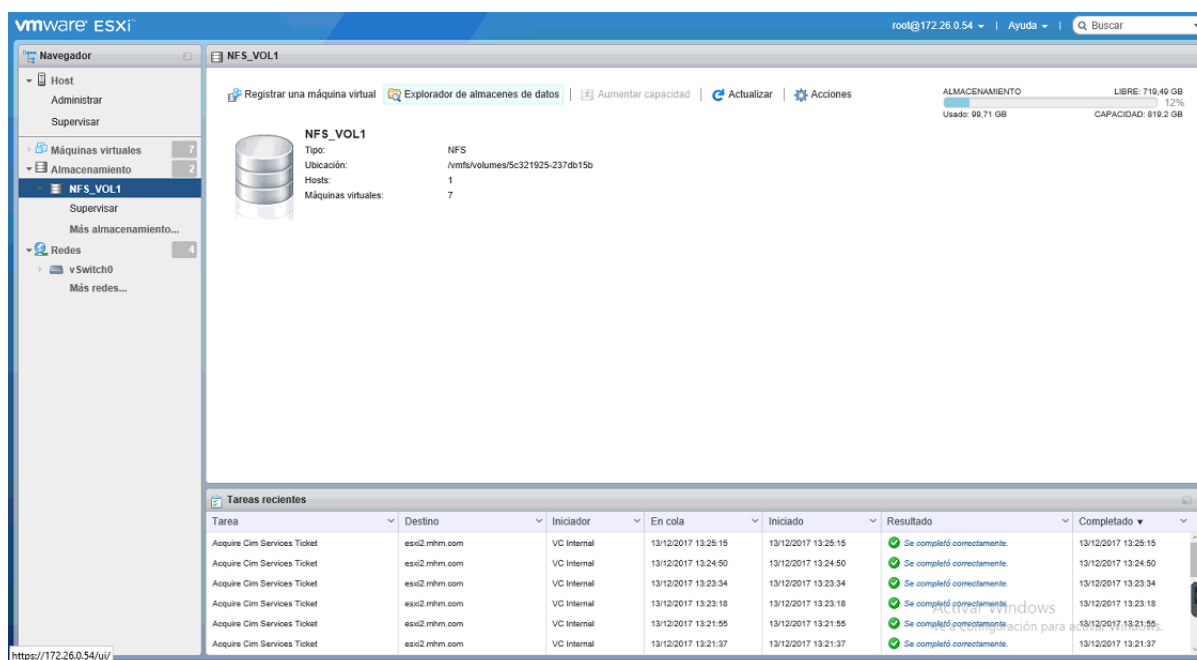
Jostic::> ?
up          Go up one directory
cluster>   Manage clusters
dashboard> (DEPRECATED)-Display dashboards
event>     Manage system events
exit        Quit the CLI session
export-policy Manage export policies and rules
history     Show the history of commands for this CLI session
job>       Manage jobs and job schedules
lun>       Manage LUNs
man         Display the on-line manual pages
metrocluster> Manage MetroCluster
network>   Manage physical and virtual network connections
qos>       QoS settings
redo       Execute a previous command
rows       Show/Set the rows for this CLI session
run        Run interactive or non-interactive commands in the nodeshell
security>  The security directory
set        Display/Set CLI session settings
snapmirror> Manage SnapMirror
statistics> Display operational statistics
storage>   Manage physical storage, including disks, aggregates, and failover
system>    The system directory
top        Go to the top-level directory
volume>    Manage virtual storage, including volumes, snapshots, and mirrors
vserver>   Manage Vservers

Jostic::> █

```

*Ilustración 11: Configuración de la NAS desde la terminal linux*

Para indicar a los servidores que su sistema de almacenamiento será la NAS y no su memoria interna, se ha accedido a la configuración del servidor y se ha indicado donde se encuentra su storage.



*Ilustración 12: Panel de configuración del servidor*

Podemos ver en la Ilustración 12, que se ha creado para el ESXi 2 el NFS\_VOL1 con una memoria total de 800GB.

#### 5.1.4. Switch Almacenamiento - Storage

Como se comentaba en el apartado anterior, para poder comunicar los servidores con el sistema de almacenamiento, es necesario que haya un switch en medio para poder virtualizar el storage. De esta manera la NAS actúa como si fuera la memoria interna del servidor.

##### 5.1.4.1. Configuración del Switch

Para ello, se ha accedido al panel de configuración del Switch y se han establecido una serie de puertos para la VLAN de storage y otros para la gestión, como se puede observar en la Ilustración 13.

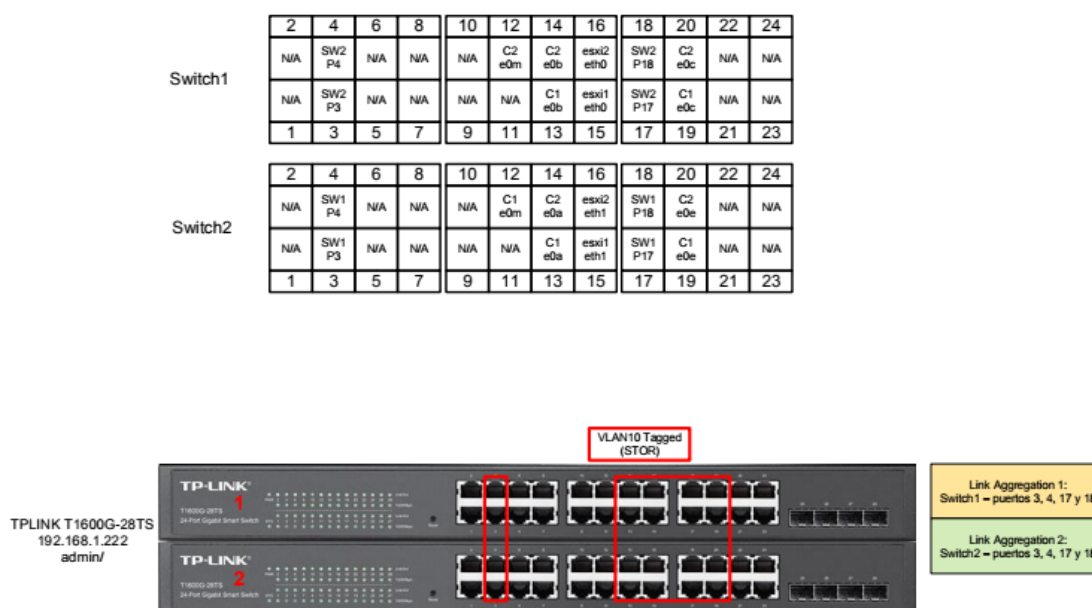


Ilustración 13: Esquema de la configuración final del switch

Desde el panel de configuración se ha indicado el switch la distribución, mostrada en la Ilustración 13, de las VLANs.

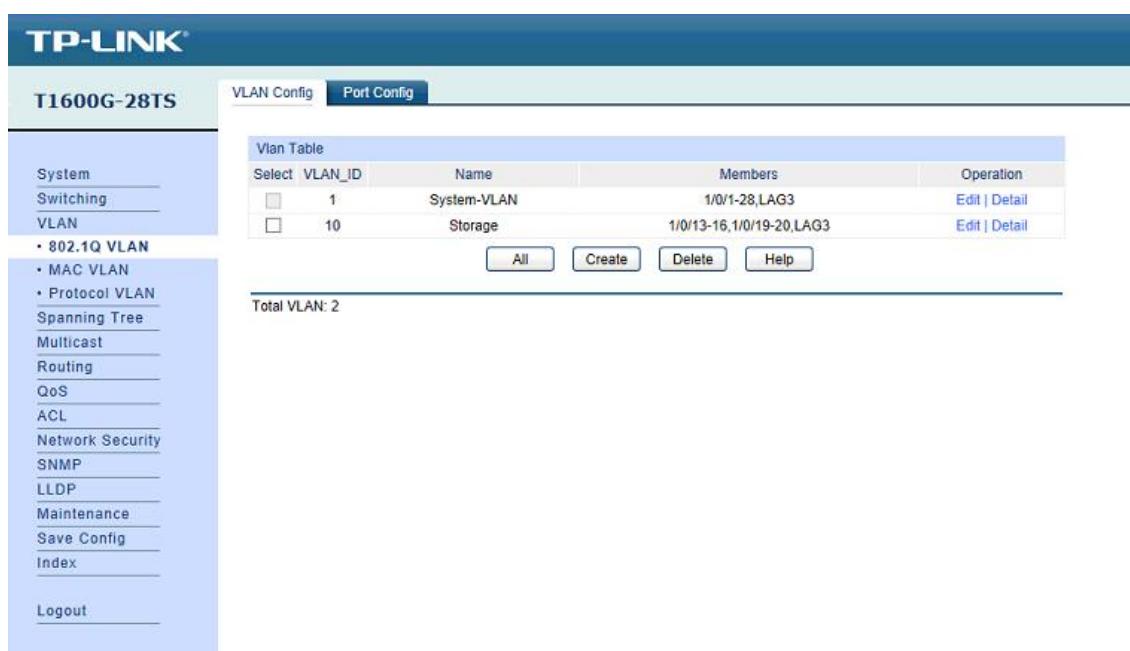
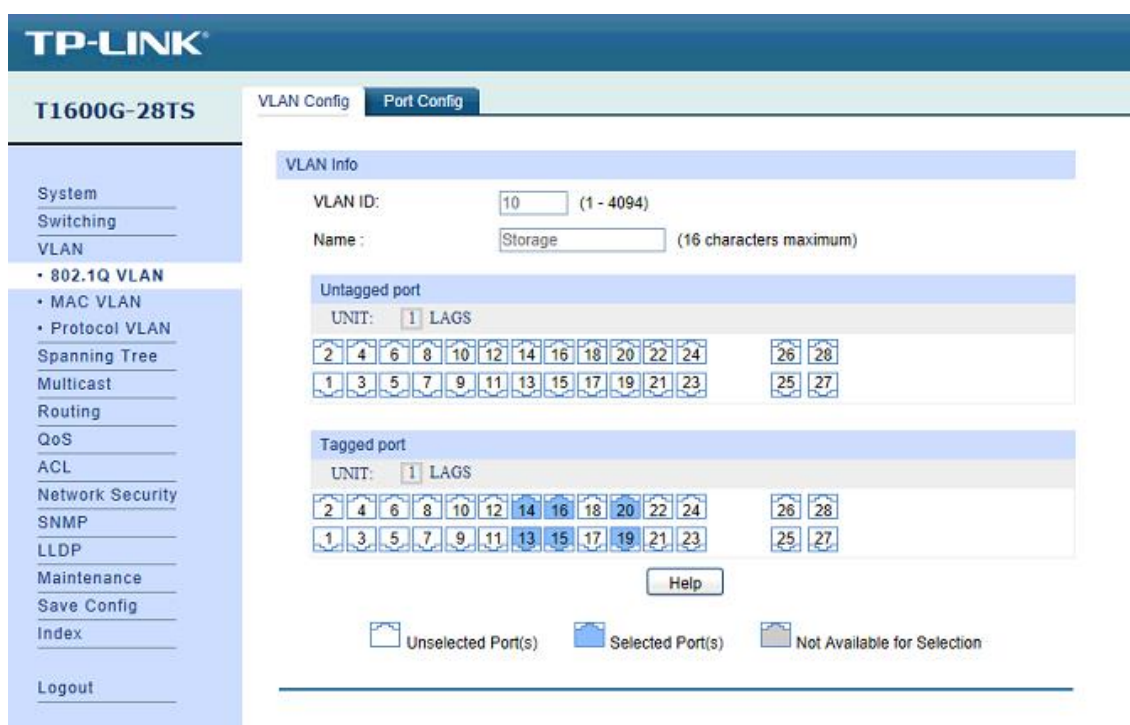


Ilustración 14: Configuración de las VLANs desde el switch

En primer lugar, se han creado las dos VLANs mencionadas. Una vez creadas, se han asignado los puertos que les corresponden, Figura 14.



*Ilustración 15: Asignación de los puertos que configuran la VLAN desde el switch*

Gracias al software intuitivo de configuración de TP-Link, es muy sencillo configurar el switch tal como se ha definido en el esquema de la Ilustración 15.

### 5.1.5. Monitor

Se ha dispuesto un ordenador convencional, a modo de monitor del CPD, para poder gestionar, administrar y configurar, todo lo relacionado con el CPD. El ordenador está directamente conectado al switch principal, para poder tener accesible toda la red. Se ha instalado el TeamViewer, ya que, al no realizarse el 100% del proyecto de manera presencial, en caso de que ocurra algún incidente con el CPD o surja la necesidad de configurar algo en la ausencia del ingeniero informático, gracias a este software será posible hacerlo a distancia.

### 5.1.6. SAI

Debido a la inestabilidad de la red eléctrica y como seguridad en caso de una caída de ésta, se ha decidido incorporar al CPD una SAI de 1,6KVA. De este modo en caso de desconexión total de la electricidad la SAI tiene una autonomía de 40 minutos sin nada de corriente alimentando

a todos los equipos del CPD. No solo hace la función de provisionamiento de energía en caso de fallo eléctrico, sino que también se encarga de eliminar los picos de corrientes que llegan del exterior, evitando así dañar la batería de los equipos. El modelo de SAI usado en el proyecto es el APC Smart-UPS SRT 6000VA

#### 5.1.6.1. Configuración de la SAI

A continuación, se calcula la energía total consumida por todos los equipos, tal que se pueda crear un sistema Backup de alimentación en caso de caída de la corriente eléctrica.

Componente	Potencia (VA)
Router	550
Switch principal	1150
Switches agregación	2400
Servidor	700
NAS	600
	<b>5400</b>

*Tabla 2: Cálculo de la potencia total*

En total disponemos de un CPD que tiene una potencia de 5,4 KVA. Por tanto, se ha escogido la SAI APC Smart-UPS SRT 6000VA, la cual es capaz de mantener en funcionamiento a los equipos durante 24 minutos en caso de una caída total en la red eléctrica. Tiempo suficiente para activar la fuente secundaria de energía, el generador eléctrico.

Se han conectado todas las fuentes de alimentación de los equipos a la PDU y ésta va directamente conectado a la SAI. De esta manera, la SAI recibe la electricidad del exterior que es “sucia” y posee muchos picos, en corriente sinusoidal perfecta, para así evitar dañar los equipos.



#### 5.1.7. Aire Acondicionado

Para mantener el CPD en óptimas condiciones de trabajo se ha diseñado una sala para su correcta ventilación, con el modelo de SAMSUNG M6100 a una temperatura constante de 21°C, temperatura idónea para la relación gasto energético y temperatura estable.

#### 5.1.8. Backup

Debido a la gran cantidad de información relevante que trata el programa acerca de la terminal y la mercancía que gestiona, es conveniente mantener almacenados estos datos con el fin de elaborar informes para mejorar el rendimiento de la terminal cada cierto periodo, o en caso de extravío de un contenedor poder justificar que éste ha salido de la terminal o no ha llegado. Por ello es necesario tener un sistema de Backup donde almacenar toda la información de la terminal en caso de que la NAS falle u ocurra algún evento que pueda poner en peligro la integridad de los datos.

Tras analizar las posibles soluciones:

- Backup incremental diario en un servidor externo
- Backup incremental diario en discos alojados en otro CPD situado en el puerto

Por motivos de eficacia y coste, se ha decidido que la solución más óptima es el Backup incremental diario en un servidor externo y en caliente para no detener los servicios. De esta manera cada día en las horas de menos trabajo, que se ha estimado que es entre las 02:00 y las 05:00 se realizará un Backup de los archivos nuevos o modificados desde el último Backup. Al tener una salida al exterior de 50Mbps, se estima que 3 horas serán más que suficientes para actualizar el Backup en el servidor externo contratado, ya que el peso de los archivos que genera al programa no superará el Gigabit diario.

Se ha decidido usar el sistema de Backup en la nube de Amazon, Amazon S3, ya que aporta fiabilidad, calidad y buen servicio. De esta manera se contrata un plan mensual en el que se paga por cada GB

almacenado 0.022\$. En caso de necesidad de recuperar algún dato, la solicitud al almacenaje supone un coste adicional de 0.01\$ [10]. La configuración de la cuenta de Amazon para realizar el Backup incremental diario, se ha realizado siguiendo el manual que nos proporciona Amazon [11].

### **5.1.9. Seguridad**

Ya que el CPD alojará datos sensibles de la empresa y mucha información de su funcionamiento, será necesario mantener estos datos a salvo de cualquier persona ajena a la empresa. Por ello se han de tomar medidas de seguridad. Distinguiremos entre seguridad física y virtual, o en la red.

#### **5.1.9.1. Seguridad física**

Como seguridad física, se ha situado el CPD en una sala específica con acceso restringido al equipo IT. Para ello se ha instalado una puerta de acceso con control de tarjeta magnético. De esta manera nos garantizamos que nadie más pueda entrar. A parte de esta medida de seguridad, se ha colocado una cámara de seguridad a la entrada del CPD.

#### **5.1.9.2. Seguridad virtual**

Para evitar ataques informáticos a través de la IP pública de nuestra red se han tomado una serie de decisiones a nivel de seguridad para proteger los datos que se tratan en la empresa.

Se ha usado una de las máquinas virtuales del servidor como Firewall, haciendo que todas las conexiones entrantes por el router tengan que pasar por ella. Se ha añadido en el router, en la configuración de NAT Forwarding, que las conexiones que pasen por él, con dirección al puerto 80, 443 y 4172, las redirija a la dirección del servidor virtual que actúa como Firewall (172.26.0.104).

Las otras reglas que vemos en la Ilustración 16, corresponden a la redirección de las peticiones de la aplicación del puerto, del router al servidor donde está alojada (172.26.0.106).

<input type="checkbox"/>	ID	Service Type	External Port	Internal IP	Internal Port	Protocol	Status	Modify
<input type="checkbox"/>	1	HTTP	80	172.26.0.104	80	TCP		
<input type="checkbox"/>	2	HTTPS	443	172.26.0.104	443	TCP		
<input type="checkbox"/>	3	HORIZ	4172	172.26.0.104	4172	TCP or UDP		
<input type="checkbox"/>	4	SSH	22	172.26.0.106	22	TCP		
<input type="checkbox"/>	5	MYSQL	3306	172.26.0.106	3306	TCP		

*Ilustración 16: Reglas del Firewall*

La configuración de ésta se ha dispuesto en el apartado 5.1.2.2.1.

#### 5.1.10. Configuración final del CPD

En la siguiente ilustración se podrá observar la configuración final del CPD, con todos sus componentes y las direcciones IPs asignadas tanto a las máquinas físicas como virtuales:

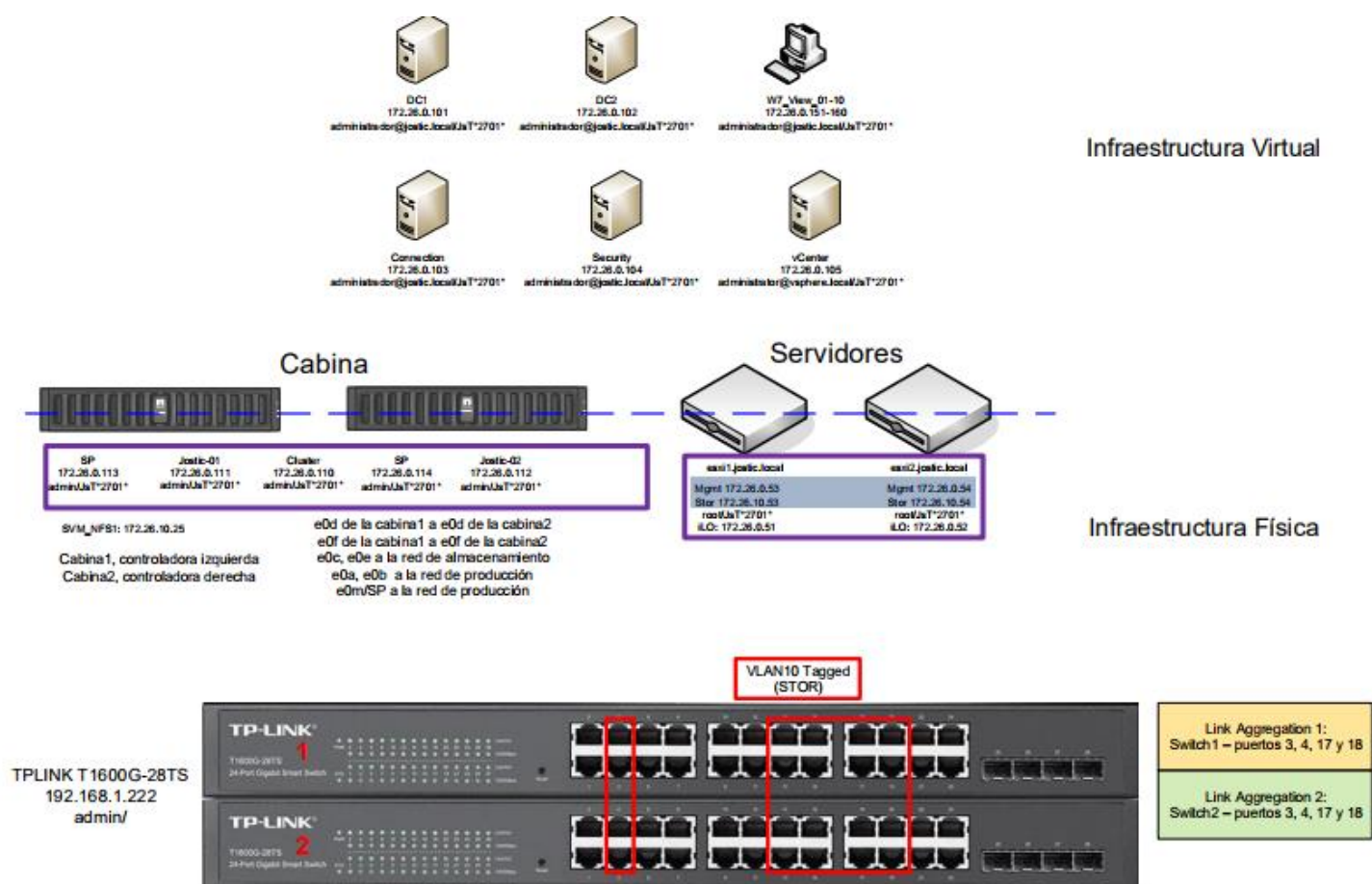


Ilustración 17: Componentes virtuales y físicos del CPD

Una vez posicionadas todas las máquinas dentro del rack de 42u, y enlazados los componentes entre sí, tal y como se estudió, para una correcta comunicación y funcionamiento, el resultado final es el siguiente:



*Ilustración 18: Imagen del CPD*

A continuación, se representa en forma de tabla la distribución del CPD, indicando en que posición del rack se encuentra y con qué componente está enlazado.

Index	#U (arriba = 41)	Máquina	Conexiones
A	41 - 36	Pantalla	B
B	35 - 32	Torre controlador	L
C	29 - 28	SAI	
D	26	Router	M
E	25	PDU	
F	22	Keyboard	B
G	21	Server (Unused)	-
H	19	Server (Unused)	-
I	16 - 15	NAS	J

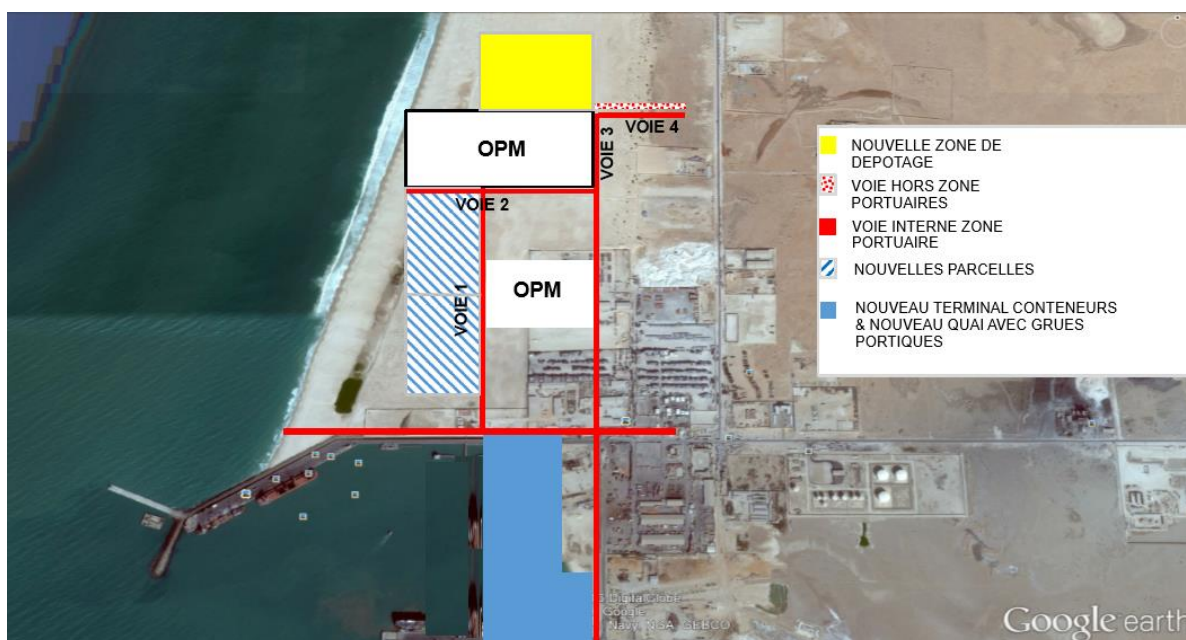
<b>J</b>	13 - 12	Trunk Switches	J, K
<b>K</b>	9 - 7	Servers	L
<b>L</b>	3	Main Switch	D
<b>M</b>	2 - 1	Fibra óptica	-
<b>N</b>	0	PDU	

*Tabla 3: Distribución del CPD*

Todas las conexiones entre las máquinas son con cables Ethernet de categoría 6, todos etiquetados y diferenciados por colores, para una facilitar el trabajo de mantenimiento y configuración. El cableado entre el exterior y el router, es el único enlace de Fibra Óptica en el CPD.

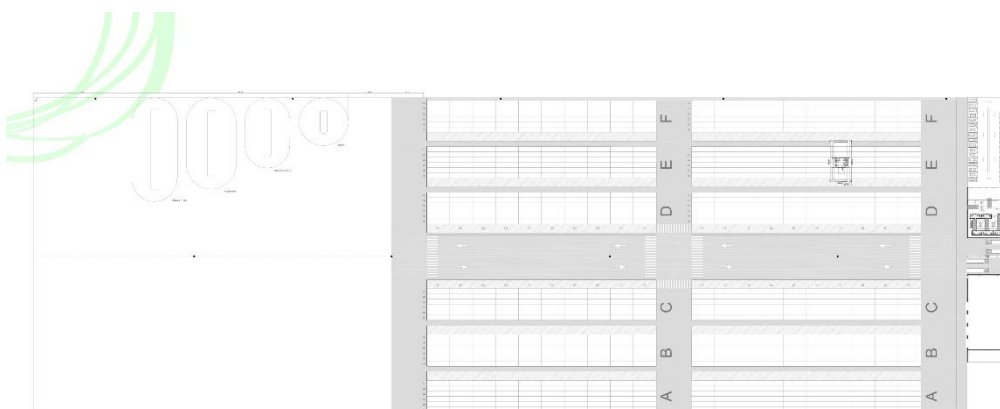
### 5.3. La terminal

Para la implementación de la red de comunicaciones del puerto se ha de cubrir un área compuesta por dos terminales y dos zonas de atraque, que en total abarcan una distancia entre los dos puntos más lejanos de 1900 metros. Otros aspectos importantes a tener en cuenta, a parte de la distancia a cubrir, son las condiciones meteorológicas y las posibles interferencias dadas, ya que se trata de una terminal de contenedores los cuales pueden llegar a alcanzar una altura de 10.36m cuando están apilados y 14.58m de ancho. Las condiciones climáticas son extremas (temperatura media de 30°, vientos fuertes y arena) y por tanto requieren un grado de protección IP66 mínimo.



*Ilustración 19: Mapa de la terminal portuaria*

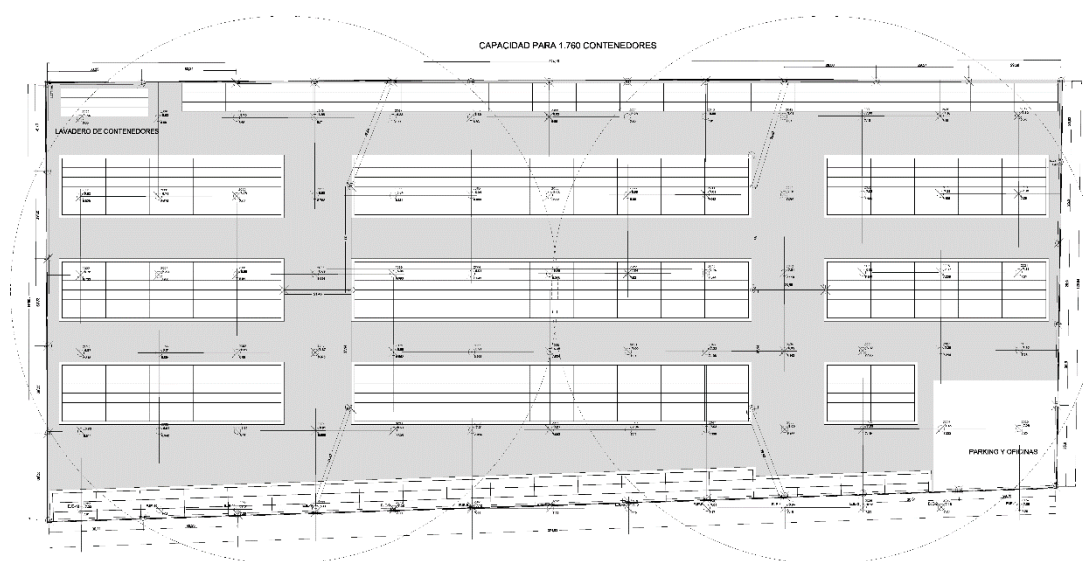
En la figura 19, podemos ver un mapa del puerto de Nouakchott, donde está situada la terminal de contenedores de la empresa OPM. Las regiones de color blanco donde pone “OPM” son las dos explanadas de la terminal de OPM donde se alojan los contenedores. Es aquí donde se implantará la infraestructura de comunicaciones Wifi de la terminal. En este mapa no se puede divisar las oficinas centrales de la empresa, que están situadas a 15km al oeste del puerto, en el centro de la ciudad. A continuación, podemos ver una imagen de la explanada principal con más precisión.



*Ilustración 20: Plano de la explanada principal de la terminal*



En la imagen de la explanada principal se puede apreciar 4 sectores de contenedores divididos en 3 filas cada uno. En cada una de estas filas de cada sector se encontrará un RTG (un tipo de grúa portuaria con 2 patas), que dispondrá de una antena receptora en la parte superior, que recibirá las ordenes ejecutadas por el software. A lo largo de la explanada, en el eje central horizontal podemos observar 4 puntos negros, los cuales corresponden a la localización de postes de luz de un total de 50 metros de altura. Se aprovecharán estos postes para colocar los Access Points que emitirán la señal wifi. La explanada tiene una superficie total de 58.596,8



*Ilustración 21: Plano de la explanada secundaria de la terminal*

metros cuadrados.

En la figura 21, podemos ver con más detalle la explanada secundaria de la terminal. Esta cuenta con un total de 26.131,9 metros cuadrados y 5 filas de contenedores. Esta explanada, a diferencia de la otra, no está distribuida por sectores y por tanto no posee RTGs. Para una mayor operabilidad en esta explanada se trabajará con Reachstackers, que son una especie de pequeñas grúas con ruedas que son capaces de levantar contenedores. También se les colocará una antena receptora en la parte superior de los Reachstackers para que puedan recibir los datos de los APs



sin pérdidas de información. Por tanto, esta explanada, requerirá que la señal llegue con fuerza a la altura donde se realizan las operaciones. En esta parte de la terminal solo se disponen de dos torretas de luz, localizadas en la parte central derecha e izquierda.

A continuación, se detallan el número total de distintas máquinas y componentes que forman parte de la terminal. Aquí podemos observar los mencionados RTGs y Reachstackers:



*Ilustración 22: Componentes de la terminal*

Cada una de estas máquinas estarán dotadas con unos ordenadores que estarán directamente conectados con un cable RJ45 a la antena Wifi localizada en la parte superior. Los paquetes más pesados serán los que viajen del servidor hacia los operarios, que contendrán información acerca de la próxima operación, de aproximadamente 2Mb. Las respuestas serán simples acknowledgement por parte de los operarios que no llegarán al Kb.

Los ordenadores que dispondrán las máquinas mencionadas anteriormente son los siguientes:



*Ilustración 23: Rugged Tablet PC*

Es un “Rugged Tablet PC” diseñado para usarlo en trabajos de obras, minerías y puertos. Donde el dispositivo requiere tener una alta resistencia para operar durante toda la jornada y diversas condiciones. Se caracteriza por ser de categoría IP65, por tener una autonomía de hasta 10 horas, tener puertos Ethernet, una pantalla anti reflejante y sensible para usarla con los guantes de trabajo puestos. El dispositivo irá directamente conectado a la antena del vehículo para recibir y enviar información a través de la red de la terminal. En el apartado 5.1.1.9. veremos la configuración de la Tablet para que pueda comunicarse con el software instalado en el CPD.

### **5.1.1 Solución**

Tras indagar en las soluciones existentes en el mercado se han encontrado las siguientes posibles soluciones:

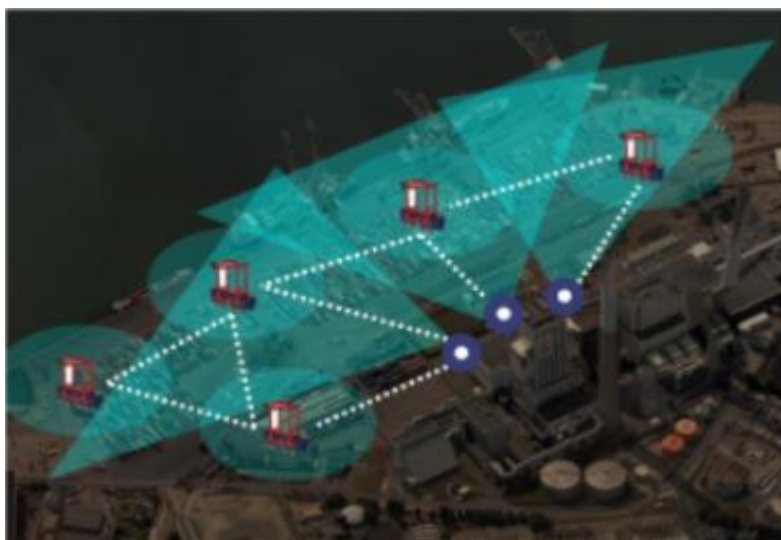
1. WiMesh Network
2. Standard Outdoor WiFi Network

#### **5.1.1.1 WiMesh Network**

La solución WiMesh Network ofrece una conectividad completa con todos los nodos que operan en el puerto, abarcando así hasta el más minúsculo rincón. Esta tecnología integra en cada nodo una antena del tipo AP de nivel 3 que actúa como router y ofrece conectividad a los nodos más cercanos, y transmite los datos al Servidor estableciendo la

ruta con menor saltos. Esta alternativa permite mantener un throughput elevado y una baja latencia gracias a su potente tecnología.

La solución seguiría la idea del siguiente esquema:

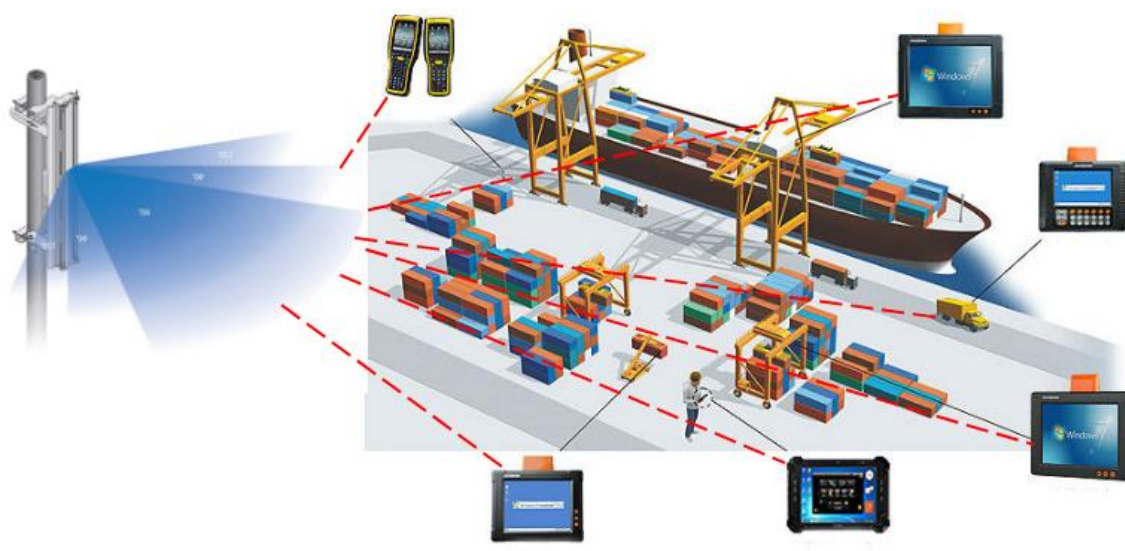


*Ilustración 24: Solución WiMesh Network*

#### **5.1.1.2 Standard Outdoor Wifi Network**

Esta alternativa, es la más común hoy en día, que cuenta con una o varias antenas centrales que transmiten señal directa hacia los distintos usuarios de la red, o bien a otras antenas que actuarán como repetidores. Hoy en día existen antenas con una gran capacidad capaces de abarcar grandes distancias y mantener un throughput elevado gracias a la nueva norma IEEE 802.11ac. Las posibles limitaciones que podemos encontrar son interferencias con los contenedores, el número de usuarios transmitiendo simultáneamente y una latencia media-alta.

La solución seguiría la idea del siguiente esquema:



*Ilustración 25: Solución Standard Outdoor Wifi Network*

### 5.1.1.3 Comparación

	WiMesh	WiFi
Throughput simétrico	Sí	Sí
Throughput máximo	200mbps	300mbps
Latencia	2ms	50ms
#antenas necesarias	57	4
Coste	≈ 450.000€	≈ 50.000€
Coverage	Full	Not-Full

*Tabla 4: Comparación entre la solución WiMesh y el Standard Wifi*

Analizando las necesidades, el potencial de cada tecnología y el presupuesto disponible, se ha optado por la red WiFi por los siguientes motivos:

- **Mantenimiento más sencillo.** Cuantas menos antenas menos complejidad
- **Administración más fácil,** ya que es una tecnología muy común a diferencia del WiMesh.
- Con 4 antenas AP de largo alcance 802.11ac específicas para redes outdoor, se posee **alcance suficiente** para cubrir todo el puerto.
- **Menor coste.** La tecnología es bastante más barata.

Por tanto, al satisfacer las necesidades más elementales con esta tecnología y conseguir los objetivos planteados, el punto de inflexión en este caso es el costo. Que es enormemente favorable para la opción convencional WiFi que ronda los 45.000€ mientras que la solución WiMesh alcanza los 450.000€.






Una vez decidida la tecnología a usar, se ha de establecer que antenas instalar, el número de antenas necesarias, su localización y decidir el tipo de redundancia.

#### 5.1.1.4. Access Points

A la hora de elegir que APs adquirir se han buscado los APs más potentes que hay hoy en día en el mercado, las cuales cumplen las siguientes características:

- Norma 802.11ac
- Alcance mínimo de 1km
- Frecuencia mínima de 5GHz con la capacidad de transmitir en distintos canales
- IP 66 mínimo, capaz de resistir duras condiciones climatológicas

Los APs encontradas que cumplen dichos requisitos son las siguientes:

Modelo	AP
Cisco Meraki MR84	
Aruba 365	
Motorola AP8163	
Cambium CNPilotE501S	
ENS620EXT	

*Tabla 5: Imágenes de los distintos modelos*

	MR84	365	ENS620EXT	AP8163	CNPilotE501S
Radios	2.4GHz & 5GHz dual-band	2.4GHz & 5GHz dual-band	2.4GHz & 5GHz dual-band	2.4GHz & 5GHz dual-band	2.4GHz & 5GHz
802.11ac capabilities	4x4 MIMO, 20&40&80MHz channels	2x2 MIMO, 20&40MHz channels	2x2 MIMO, 20&40&80MHz channels	3x3 MIMO, 20&40MHz channels	2x2 MIMO, 20&40&80MHz channels
Power	PoE (37-57V), 21W	PoE (48V), 12.5W	PoE (48V), 15W	PoE (36-57V)	PoE(56V), 30W
Environment	IP67	IP67	IP55	IP67	IP67
Throughput	2.5Gbps	1.26Gbps	2Gbps	2.3Gbps	1.01Gbps
Meters Coverage	3km	500m	3km	2km	1.5/3km
Grades Coverage	Omni	Omni	120°	Not specified	120°
Garantía	1 año	Not specified	1 año	1 año	Not specified
Price (\$)	2.200	1.000	195	1.700	525

Tabla 6: Comparación entre los distintos modelos de APs

#### 5.1.1.5. Antenas de los vehículos

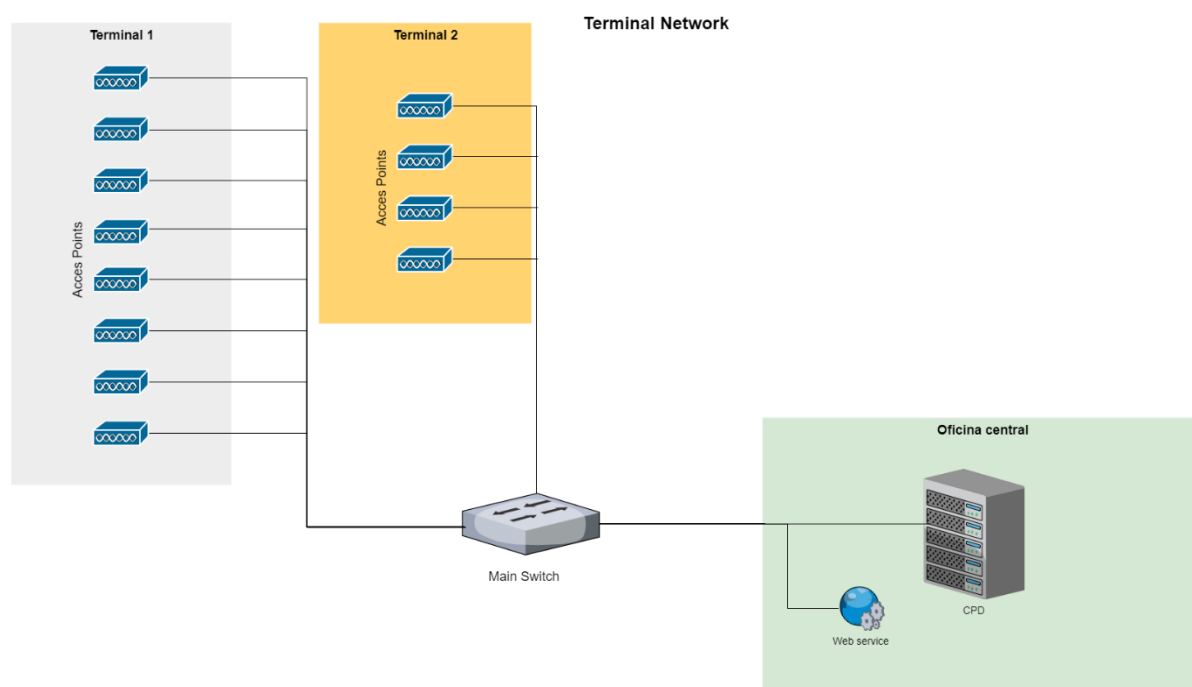
En cada uno de los vehículos que operan en la terminal se les ha incorporado una antena de la marca Mikrotik y modelo RB433AH y con una tarjeta de radio modelo R52Hn. De esta antena saldrá un cable Ethernet hacia los terminales de los vehículos, para así dotarle de más capacidad para recibir la señal Wifi de la terminal. Con este extra, se

garantiza que los vehículos siempre alcancen uno de los APs dispuestos en la terminal para transmitir y recibir las órdenes del TOS.

#### 5.1.1.6. Diseño final

Finalmente, se decide realizar la infraestructura de comunicaciones WiFi con las antenas de Cisco, no solo por sus altas prestaciones sino también por su servicio postventa y la fiabilidad de los productos de la marca Cisco. A continuación, veremos el diseño final y como se ha configurado toda la infraestructura.

El esquema de conexiones físicas de la terminal portuaria es el siguiente:



*Ilustración 26: Esquema general de la solución de la red de la terminal*

En la terminal principal dispondremos de 8 APs Cisco MR84 con sus respectivas antenas, cubriendo cada uno así un rango de 120° y un largo alcance. En la terminal secundaria, al ser algo más pequeña, solo se necesitarán 4 APs para cubrir toda la superficie de trabajo. Todos estos Access Points tienen una salida Ethernet que irán directamente conectados al switch localizado en la oficina de la terminal principal.

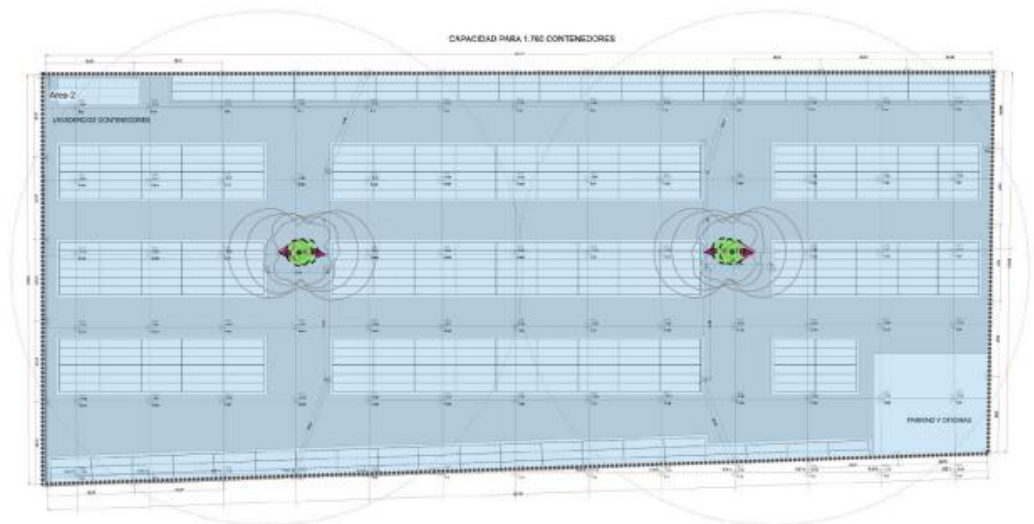


De este switch saldrá una conexión directa de Fibra Óptica hacia el CPD localizado en la oficina central.

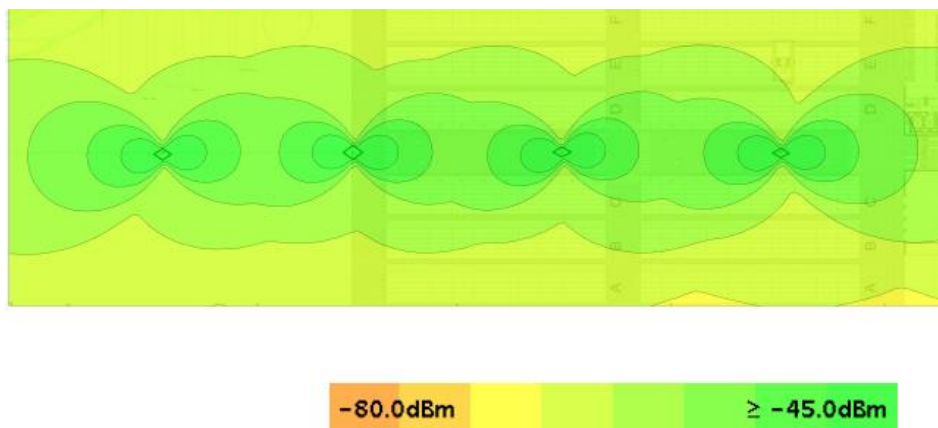
Para diseñar la solución más eficiente, se ha utilizado el software de Cisco “Meraki” y se ha probado distintas distribuciones a lo largo de la terminal donde posicionar los APs, finalmente la distribución definitiva que consigue el mayor coverage es la siguiente:



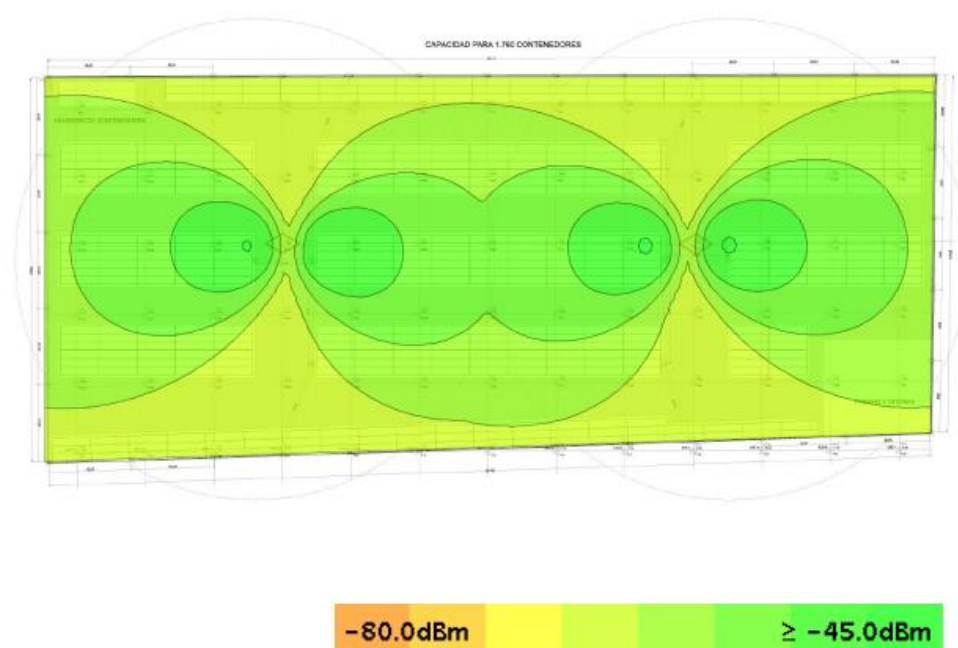
*Ilustración 27: Disposición APs en la terminal principal*



*Ilustración 28: Disposición APs en la terminal secundaria*



*Ilustración 29: Alcance de la señal wifi en la explanada principal*

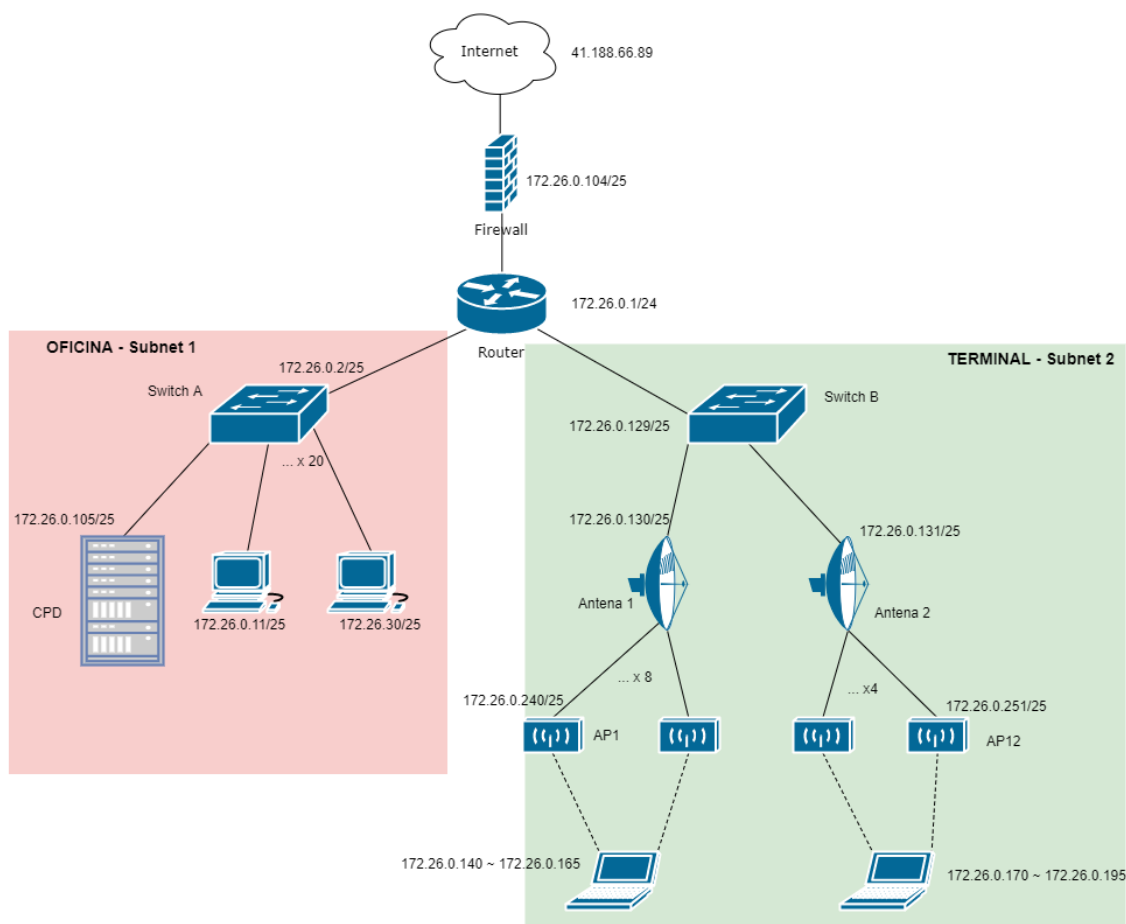


*Ilustración 30: Alcance de la señal wifi en la explanada secundaria*

En la parcela principal, se han distribuido los APs de tal manera que puedan fallar hasta dos Access Points que estén localizados en distintos postes eléctricos, y seguiría habiendo conexión en toda la terminal. En la secundaria, podría fallar un AP de cada poste y la red se mantendría en toda la superficie. Se ha establecido esta redundancia ya que, según las especificaciones de Cisco, en este modelo se produce un fallo cada 51 años. Por tanto, debido a esta gran disponibilidad, con una redundancia que permite hasta 2 fallos simultáneos por explanada es más que suficiente.

#### **5.1.1.7. Configuración final de la red**

El esquema final de la configuración de la red de la empresa portuaria quedaría de la siguiente manera:



*Ilustración 31: Esquema final de la red*

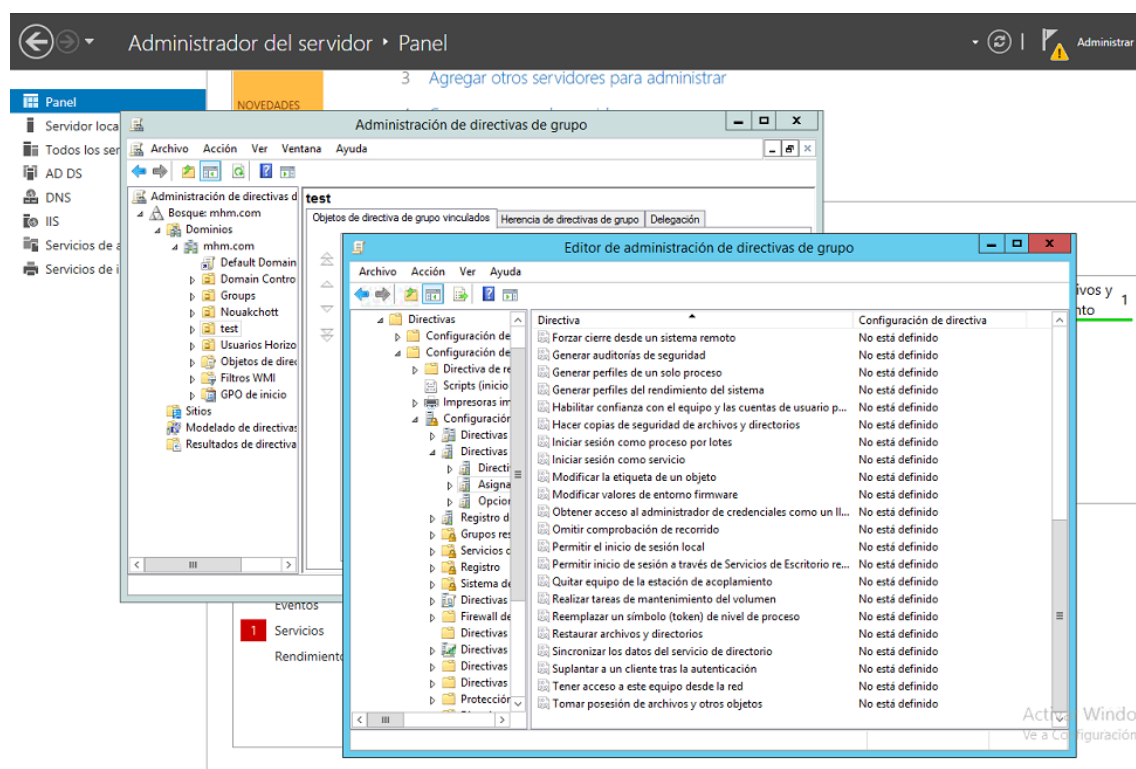
Donde las conexiones principales, todas las que emanan del router son de fibra óptica, las restantes son Ethernet con cables de categoría 6. El modelo de comunicaciones utilizado entre los componentes del proyecto es TCP/IP, ya que, para que funcione correctamente las operaciones del puerto, es necesario que todas las comunicaciones sean síncronas.

#### 5.1.1.8. Configuración final de los terminales

Los terminales ya vienen configurados con Windows 7 y con puerto Ethernet. Por lo que se ha configurado para que al iniciarse directamente ejecuten la aplicación web del TOS con los permisos de usuarios que correspondan al tipo de operario que la use. Para ello se asigna un terminal a cada usuario. De esta manera, desde el Directorio Activo podremos asignar los privilegios de uso a cada uno.

Para que el Tablet Windows solo permita la ejecución del programa localizado en el Servidor Web, 172.26.0.103, en la configuración de GPO del Directorio Activo, se ha

limitado el uso de la Tablet para el usuario asignado, a poder encender y apagar y a ejecutar el acceso directo que abre la aplicación web del TOS.



*Ilustración 31: Configuración del GPO para las tablets*

Para poder realizar dichas restricciones, se ha accedido al panel de configuración del servidor, y una vez dentro de éste, se ha accedido al “Administrador de directivas de grupo”. Al grupo llamado *Terminal*, que son los operarios del puerto, se les han asignado las directivas de grupo mencionadas anterior mente desde el “Editor de administración de directivas de grupo”, donde se han bloqueado todas las acciones que ofrece la Tablet, excepto la de encender y apagar, y ejecutar el acceso directo a la dirección 172.26.0.103:443 que se encuentra en el escritorio (a la versión web del Tercont).

## 6. Planificación temporal del proyecto

### 6.1. Planificación general

La duración del proyecto se estima que sea de 5 meses, desde la primera especificación, hasta la última prueba. Con comienzo el 1 de julio y final el 1 de diciembre, con una carga total de trabajo de aproximadamente 560 horas. En caso de que no se pueda finalizar el proyecto en el plazo establecido, se podría aplazar la fecha de entrega para la siguiente convocatoria que sería en abril.

El proyecto será realizado principalmente por una sola persona, que se encargará de realizar la mayoría de las tareas. Todas aquellas que necesiten de configuración o desarrollo. Por otra parte, también se cuenta con otros empleados para realizar otro tipo de tareas relacionadas con el proyecto, como pueden ser la instalación de Fibra Óptica, el envío de equipos informáticos o la instalación de Access Points en el puerto. Esto implica que habrá tareas críticas que requerirán que ciertas tareas hayan sido realizadas antes, por tanto, se deberá tener en cuenta que tareas se pueden paralelizar para optimizar tiempo. Para establecer la duración óptima del proyecto se ha realizado un diagrama de Gantt (ver Ilustración 4, al final del documento).

### 6.2. Plan de acción y valoración de alternativas

Según lo establecido por la Facultad de Informática de Barcelona, el proyecto de Final de Grado se podrá presentar entre el 22 y el 26 de enero o en caso de algún imprevisto contemplado dentro de los márgenes, existe la opción de presentarlo entre el 23 y el 27 de abril. Considerando el tiempo para realizar todas las tareas del proyecto con sus posibles demoras, se ha decidido escoger el turno de enero.

Se han estudiado todos los posibles riesgos que podrían afectar a una demora en el calendario del proyecto y son los siguientes:

- 1) Demoras en el envío del material
- 2) Problemas en la instalación de los componentes de la terminal

El primer punto, se considera una fase crítica, ya que de antemano se conoce que los envíos de material a África pueden sufrir demoras de hasta una semana debido a controles de aduanas. Por ello, se fija como punto crítico en el Gantt y a la tarea de instalación del material se le da una semana de margen, por si acaso ocurre esta demora.

El segundo punto, es una situación que cualquier ingeniero se afronta a lo largo de su carrera, y es que a veces no sale todo a la primera. Por ello, en todas las tareas de instalación se les da un margen de dos días en el diagrama de Gantt, por si acaso ocurren ciertas complicaciones.

En el supuesto caso, que el proyecto se realice estrictamente bajo los tiempos establecidos y sin necesidad de aplicar los márgenes de tiempo extra, se utilizará el tiempo sobrante para hacer pruebas exhaustivas del resultado y comprobar que se cumplen los objetivos opcionales.

### 6.3. Descripción de las tareas

El trabajo estará dividido en diferentes tareas y subtareas que quedarán definidas por su duración y en el Gantt incluido al final de este archivo:

Tarea	Horas
<b>1. Iniciación del proyecto</b>	<b>68</b>
1.1. Contacto con el equipo	8
1.2. Contextualización del entorno portuario	60
<b>2. Diseño y planificación</b>	<b>95</b>
2.1. Definir el proyecto (GEP)	80
2.2. Establecer los objetivos principales	4
2.3. Diseño de los esquemas de red	6
2.4. Propuesta de la infraestructura	5
<b>3. Implementación e instalación del CPD</b>	<b>160</b>
3.1. Estudio de la red	40
3.2. Búsqueda y compra de equipo	40

3.3. Instalación del CPD	16
3.4. Configuración de los equipos del CPD	24
3.5. Instalación del software	16
3.6. Realización de test y mejoras	24
<b>4. Implementación e instalación de la terminal</b>	<b>144</b>
4.1. Estudio de la terminal	40
4.2. Búsqueda y compra de equipo	40
4.3. Instalación de equipos	16
4.4. Configuración de la red	24
4.5. Realización de test y mejoras	24
<b>5. Documentación y presentación</b>	<b>104</b>
5.1. Redactar la memoria del proyecto	80
5.2. Preparar la presentación	24
<b>TOTAL</b>	<b>571</b>

*Tabla 7: tiempos dedicados a cada tarea*

Los colores del diagrama de Gantt corresponden a cada una de las cinco fases representadas en la tabla anterior. De este modo se pueden apreciar fácilmente los cambios de sección. La fase 1, correspondería con la definición del proyecto. La fase 2, 3 y 4 con la propuesta de solución. Y por último, la fase 5, correspondería a la ejecución del proyecto.

#### 6.4. Dependencias

En el diagrama de Gantt, que se encuentra adjunto al final del documento (Ilustración 4, al final del documento), se puede visualizar las dependencias que corresponden a cada tarea, según las flechas y el camino indicado. A continuación, se analizan en mayor profundidad para una mejor comprensión.

En primer lugar, se puede observar un gran bloque dedicado a la iniciación al proyecto en el que se establece una comunicación con todo el equipo del proyecto y la empresa. Una vez se familiarice con la empresa, será necesario estudiar el



entorno de la empresa y el funcionamiento de los puertos. De esta manera se podrá desarrollar el proyecto de forma consciente y buscando la mejor solución para el ámbito portuario.

En segundo lugar, una vez familiarizado con el mundo portuario y la empresa, se establecen dos bloques principales. Un bloque dedicado a la gestión y planificación del proyecto, donde se realiza un curso que guiará al alumno a desarrollar el proyecto, y un bloque donde se definirán las partes básicas del proyecto y se esbozará una primera solución.

Una vez definidos los objetivos principales del proyecto, se podrá comenzar con los bloques centrales, que son los de implementación e instalación. En primer lugar, se diseñará y se pondrá en marcha el CPD, que será el núcleo de todas las operaciones relacionadas con este proyecto.

Cuando ya se haya terminado el bloque relacionado con el CPD, se podrá empezar a diseñar e instalar la infraestructura de red de la terminal portuaria. En esta fase, se hará un estudio exhaustivo de los requisitos de la terminal y del material necesario para poder comunicar todos los operarios con el CPD.

Por último, una vez finalizados todos los bloques anteriormente descritos, se redactará una memoria del proyecto. También se preparará un *PowerPoint* para presentar el proyecto ante el tribunal del TFG.

## 7. Recursos

### 7.1. Recursos personales

Para la realización del proyecto se necesitará un equipo compuesto por un ingeniero informático y un técnico, para todas las instalaciones de cableado y equipos. Las tareas principales serán desarrolladas por el ingeniero y las tareas que requieran de mano de obra serán llevadas a cabo por el técnico.

Por parte del ingeniero informático y del técnico se espera una dedicación de 40 horas semanales, que podrá variar en función de la fase del proyecto. En las fases más críticas se requerirá una dedicación mayor para cumplir con los tiempos establecidos en el camino crítico del diagrama de Gantt (Ilustración 4, al final del documento).

### 7.2. Recursos materiales

- 1) *Ordenador Sony Vaio Core i7*. Herramienta hardware para el desarrollo del proyecto. Servirá para la búsqueda de información, configuración de equipos informáticos, y escribir la memoria del proyecto.
- 2) *Alfresco*. Es un gestor documental, para compartir todos los documentos elaborados para cada fase del proyecto. De esta manera se puede almacenar toda la información relacionada con el proyecto y puede ser consultada en cualquier momento por cualquier trabajador que tenga permisos.
- 3) *Jira*. Es una aplicación web, para repartir las tareas y gestionarlas. De esta manera se podrá saber el estado en el que se encuentra el proyecto.
- 4) *Gmail*. Herramienta de comunicación que se usará para contactar con otros compañeros de la empresa y distribuidores para conseguir información o material para el desarrollo proyecto.
- 5) *TeamViewer*. Software que permite conexiones remotas a otros escritorios. Con este programa es más fácil la configuración de otros

terminales, ya que evita el desplazamiento continuo hasta los otros ordenadores o equipos.

- 6) *Ganttter*. Con este programa se podrá gestionar el tiempo estimado que requerirá cada tarea y programar los tiempos del proyecto.
- 7) *Cisco Meraki*. Es un software de Cisco que permite simular redes, de esta manera se podrá saber cuál será la mejor distribución de los Access Points en la terminal.
- 8) *Conexión a internet*. Herramienta necesaria para llevar a cabo la investigación del proyecto y la búsqueda de información en internet. Con ella, se podrán usar gran parte de las herramientas anteriormente nombradas.
- 9) *Draw.io*, es un software que permite crear esquemas de redes de manera online. Se ha usado para diseñar los diversos esquemas expuestos en el proyecto.

## 8. Gestión económica del proyecto

### 8.1. Estimación de costes

En este apartado veremos los costes correspondientes a cada fase del proyecto y a los recursos utilizados

#### 8.1.1. Costes de recursos humanos

Como se ha explicado en apartados anteriores, en lo que respecta a recursos humanos, se precisan principalmente tres figuras. Un jefe de proyecto (JP), un ingeniero informático (IF) y un técnico (T), a continuación, veremos el coste que supone para el proyecto siguiendo las tareas establecidas en el diagrama de Gantt. El coste por hora del personal es de 8€.

Tarea	Recurso	Horas	Coste
<b><i>Iniciación del Proyecto</i></b>	JP	<b>68</b>	<b>544</b>
Contacto con el equipo	JP	8	64
Contextualización del entorno portuario	IF	60	480
<b><i>Diseño y planificación</i></b>	IF + JP	<b>95</b>	<b>1.520</b>
Definir el proyecto (GEP)	IF + JP	80	1.280
Establecer los objetivos principales	JP	4	32
Diseño de los esquemas de red	IF	6	36
Propuesta de la infraestructura	IF	5	30
<b><i>Implementación e instalación del CPD</i></b>	IF + JP	<b>160</b>	<b>2.560</b>
Estudio de la red	IF	40	320
Búsqueda y compra de equipo	JP	40	320
Instalación del CPD	T	16	128
Configuración de los equipos del CPD	IF	24	182
Instalación del software	IF	16	128
Realización de test y mejoras	JP	24	182
<b><i>Implementación e instalación de la terminal</i></b>	IF + JP	<b>144</b>	<b>2.664</b>
Estudio de la terminal	IF	40	320
Búsqueda y compra de equipo	JP	40	320
Instalación de equipos	T	16	128
Configuración de la red	IF	24	182
Realización de test y mejoras	JP	24	182

<b>Documentación y presentación</b>	JP	<b>104</b>	<b>832</b>
Redactar la memoria del proyecto	JP	80	640
Preparar la presentación	JP	24	182
<b>TOTAL</b>		<b>571</b>	<b>8120</b>

Tabla 8: Costes de recursos humanos

### 8.1.2. Costes de recursos materiales

En este apartado se presentan los costes asociados a los recursos materiales necesarios para desarrollar el proyecto. La gran mayoría de estos costes son correspondientes a hardware y representan un coste directo. Se distribuirán en tres bloques principales del proyecto, como se diferenciaba en las tareas del diagrama de Gantt: Hardware oficina central, hardware terminal y equipos suplementarios. Asumimos que la terminal estará en continuo trabajo los 365 días del año y las 24 horas del día.

Hardware oficina central:

Producto	Unidades	Precio	Vida útil	Amortización(€/h)
<b>Servidor</b>	2	2.420	5	0.055
NAS	1	1.600	5	0.036
SAI	1	1.050	5	0.024
Switch	2	170	5	0.003
Router	1	220	5	0.005
Wireless Antena	2	260	5	0.006
<b>Total</b>		<b>5.720</b>		

Tabla 9: Costes de recursos materiales referentes a la oficina central

Hardware terminal:

Producto	Unidades	Precio	Vida útil	Amortización(€/h)
<b>Tablets</b>	27	28.700	5	0.655
Switch	5	170	5	0.003
Wireless Antena	12	45.200	5	1.032

<b>Total</b>		<b>74.070</b>		
--------------	--	---------------	--	--

*Tabla 10: Costes de recursos materiales referentes a la terminal*

Material complementario:

Producto	Unidades	Precio	Vida útil	Amortización(€/h)
Ordenador sobremesa	1	1.050	5	0.024
Fibra Óptica	3000 mt	4.830	5	0.110
Armario Rac	1	500	5	0.011
Aire Acondicionado	1	250	5	0.006
<b>Total</b>		<b>6.630</b>		

*Tabla 11: Costes de recursos materiales referentes al material complementario*

### 8.1.3. Costes generales indirectos

A lo largo del desarrollo del proyecto existirán costes indirectos que se dan independientemente de la magnitud del proyecto o de los recursos usados. Los costes indirectos que se han estimado para la duración del proyecto (5 meses) son los siguientes:

Producto	Precio (€/mes)	Coste estimado
<i>Electricidad</i>	<b>2.000</b>	<b>10.000</b>
Agua	<b>170</b>	<b>850</b>
Alquiler	<b>6.300</b>	<b>31.500</b>
<b>Total</b>		<b>42.350</b>

*Tabla 12: Costes generales indirectos*

### 8.1.4. Contingencia

Para garantizar el desarrollo correcto del proyecto se estima que se ha de reservar un margen del 15% del total de la inversión por si ocurre alguna variación en alguna fase del proyecto, o en caso de que el coste final de los materiales y el proyecto sea algo superior a lo planeado. Este caso se puede dar, ya que el transporte a Mauritania suele encarecer bastante los productos. El coste total del

proyecto está estimado en 134.890€. Por tanto, el 15% supone 20.234€ destinado a contingencia.

### 8.1.5. Imprevistos

En este apartado, se analizan los posibles imprevistos que se pueden presentar a lo largo del transcurso del proyecto. Estos imprevistos, se determinarán conociendo los riesgos planteados anteriormente. A continuación, veremos los principales imprevistos que pueden surgir:

- a) Corte en la F.O. debido a obras ajenas. Mauritania, al ser un país algo estrambótico en sus protocolos, es posible que se realicen obras por donde pasa la red de F.O. que une la terminal con la oficina central. Esto podría provocar una caída de la red y la necesidad de volver a cablear el punto a punto. La distancia que habría que cablear sería un total de 1,5km, que supone un coste adicional de 210€ (1.4€ cada 3m de F.O.).
- b) Un retraso de una semana por problemas burocráticos en las aduanas al enviar el material por transporte marino. Es muy frecuente en Mauritania, el exceso control de la aduana sobre las mercancías entrantes, esto podría derivar en una semana de demora, en la que habría que seguir pagando a los componentes del equipo del proyecto. Que en total son tres personas, trabajando un total de 8h diarias a un coste de 8€/h. En total este imprevisto costaría 1.008€ extras al proyecto.

Producto	Probabilidad	Precio	Coste
Cable F.O.	30%	210	63
Retraso 1 semana	20%	1.008	202
Total			265

*Tabla 13: Representación de los posibles imprevistos y su coste*

### 8.1.6. Presupuesto final

En definitiva, la suma de todos los costes previstos para este proyecto, se muestran a continuación:

RRHH	Recursos materiales	Indirectos	Contingencia	Imprevistos	Total
8.120	84.420	42.350	20.234	265	155.389€

Tabla 14: Presupuesto total del proyecto

## 8.2. Control de gestión

Como ya se comentaba en apartados anteriores, se realizará una reunión semanal con el jefe de proyecto, para actualizar el estado del proyecto. En caso de que se tenga que dedicar más horas al proyecto, debido a demoras u horas extras del personal, se hará uso del fondo de contingencia para pagar estos gastos. Para controlar las horas trabajadas por cada miembro del equipo, se exige presentar un informe de seguimiento en cada reunión semanal.

Para seguir un estricto control sobre las posibles desviaciones que se estén llevando a cabo se aplicarán las siguientes fórmulas:

Desvío	Fórmula
Desvío de recursos humanos	$(\text{coste estimado} - \text{coste real}) * \text{horas}$
Desvío en la realización de una tarea	$(\text{coste estimado} - \text{coste real}) * \text{horas reales}$
Desvío total realización de tareas	$\text{coste total estimado tareas} - \text{coste total real}$
Desvío total en recursos	$\text{coste total estimado en recursos} - \text{coste total de recursos}$

Tabla 15: Fórmulas del control de gestión



## 9. Sostenibilidad y compromiso social

### 9.1. Ambiental

Este proyecto, desde sus bases, es totalmente eficiente a nivel ambiental. Ya que el objetivo final del proyecto es optimizar el número de movimientos dentro de la terminal. Esto tiene como consecuencia directa, un menor recorrido de la maquinaria dentro de la terminal y por tanto una menor emisión de CO<sub>2</sub> al planeta.

Por otra parte, durante el desarrollo del proyecto se tiene siempre en mente la sostenibilidad y el medio ambiente y por ello se pretende adquirir servidores de última generación bajos en consumo. Para el CPD se busca el menor gasto posible de energía, utilizando el aire acondicionado a una temperatura óptima.

Una vez acabado el proyecto, o se actualicen los equipos, se tiene planeado donar el material tecnológico a organizaciones locales, ya que el proyecto se desarrolla en un entorno subdesarrollado con apenas recursos tecnológicos.

### 9.2. Económico

En lo referente al ámbito económico, la solución propuesta en este proyecto proporciona un aumento de los ingresos de la terminal, permitiendo dar más servicios en el mismo tiempo. Se pretende pasar de 45.000 TEUs (medida estándar de un contenedor, Twenty-foot Equivalent Unit) anuales a 200.000 TEUs anuales. En número se traduciría en un beneficio anual de 38.750.000€, es decir que el proyecto estaría amortizado en 3 meses.

Por otra parte, destacar que la terminal tenía una propuesta por parte de una empresa de realizar el proyecto con un presupuesto total de 550.000€, con este proyecto se consigue un ahorro de 394.611€.

### 9.3. Social

Cabe destacar, que este proyecto, a pesar de ser una iniciativa privada, posee grandes apoyos del gobierno. Ya que una mejora del puerto de la capital, como es la automatización de los procesos la terminal de OPM, supone un aumento de la

productividad de la terminal y como consecuencia una mayor capacidad de importación y exportación de mercancías. En otras palabras, el proyecto beneficiará directamente a la población abaratando los costes de los productos, ya que la mayoría de los recursos fundamentales son importados, y abriendo nuevas puertas de negocios al comercio internacional.

En lo que respecta a los consumidores, el proyecto beneficiará al consumidor, debido a que una optimización de las operaciones portuarias implica una mayor eficiencia en la gestión del tiempo y un abaratamiento de los costes de servicio.

#### 9.4. Matriz de sostenibilidad

A continuación, se describe la matriz de sostenibilidad, teniendo en cuenta la sostenibilidad y el compromiso social anteriormente comentado:

	PPP	Vida útil	Riesgos
<b>Ambiental</b>	Consumo del diseño	Huella ecológica	Riesgos ambientales
	6	8	0
<b>Económico</b>	Factura	Plan de viabilidad	Riesgos económicos
	6	8	-5
<b>Social</b>	Impacto personal	Impacto social	Riesgos sociales
	8	9	0
<b>Rango de Sostenibilidad</b>	20	25	-5
	<b>50</b>		

Tabla 16: Matriz de sostenibilidad del proyecto

## 10. Conclusiones

Con la realización de este proyecto, considero que he logrado una sólida evolución, no solo de conocimiento, sino también de madurez, finalizando así una de las etapas más bonitas de mi vida. Con este proyecto, uno se da cuenta de todo el conocimiento que adquiere durante la carrera y como se ha desarrollado la capacidad de investigación y de resolución de problemas, pudiendo así, afrontar cualquier reto de ingeniería que se presente, con dedicación y horas de estudio.

El hecho de haber realizado el proyecto, en su mayoría, de forma presencial en Mauritania, me ha hecho evolucionar como persona y ver la cruda realidad del mundo en el que vivimos, donde no todo son facilidades y felicidad. En este sentido, me puedo sentir afortunado de haber ayudado a fomentar el desarrollo económico, de este país que actualmente contiene un índice bastante alto de pobreza.

En definitiva, gracias a la ejecución de este proyecto, se han conseguido principalmente dos cosas. En primer lugar, satisfacer los objetivos del proyecto. Dotando de última tecnología a la empresa portuaria, consiguiendo aumentar su efectividad, y por tanto una mejora en sus servicios e ingresos, ayudando así, indirectamente al país donde se ha llevado a cabo el proyecto. Por otra parte, en relación con el aspecto personal, se ha conseguido afianzar, una gran parte de los conceptos aprendidos durante la carrera aplicándolos en un proyecto real, ganando así una gran experiencia y confianza a la hora de afrontar nuevos proyectos en un futuro.

## 11. Referencias

- [1] M. Opazo, «El Transporte Marítimo Mundial,» 2006.
- [2] B. E. A. J. R. E. B. Sören Ehlers, Maritime-Port Technology and Development, Trondheim, Norway: CRC Press, 2014.
- [3] B. S. & A. FRÉMONT, «Transformation of port terminal operations: from the local to the global,» *Transport Reviews*, 2005.
- [4] Navis, «TERMINAL OPERATING SYSTEMS: DRIVING THE FUTURE OF OPTIMIZATION WITH TOS,» Jun 2013.
- [5] «<http://navis.com/network/customers/>,».
- [6] «<http://www.luceor.com/application/connected-logistics/>,».
- [7] «<http://www.rajant.com/applications/transportation/>,».
- [8] «<https://www.xfinity.com/support/articles/list-of-blocked-ports/>,».
- [9] «<https://www.linode.com/docs/databases/mysql/install-mysql-on-ubuntu-14-04/>,».
- [10] «<https://aws.amazon.com/es/s3/pricing/>,».
- [11] «<http://docs.aws.amazon.com/storagegateway/latest/userguide/create-gateway-vtl.html>,».
- [12] E. M. Goldratt, Critical Chain, North River Press, 1997.

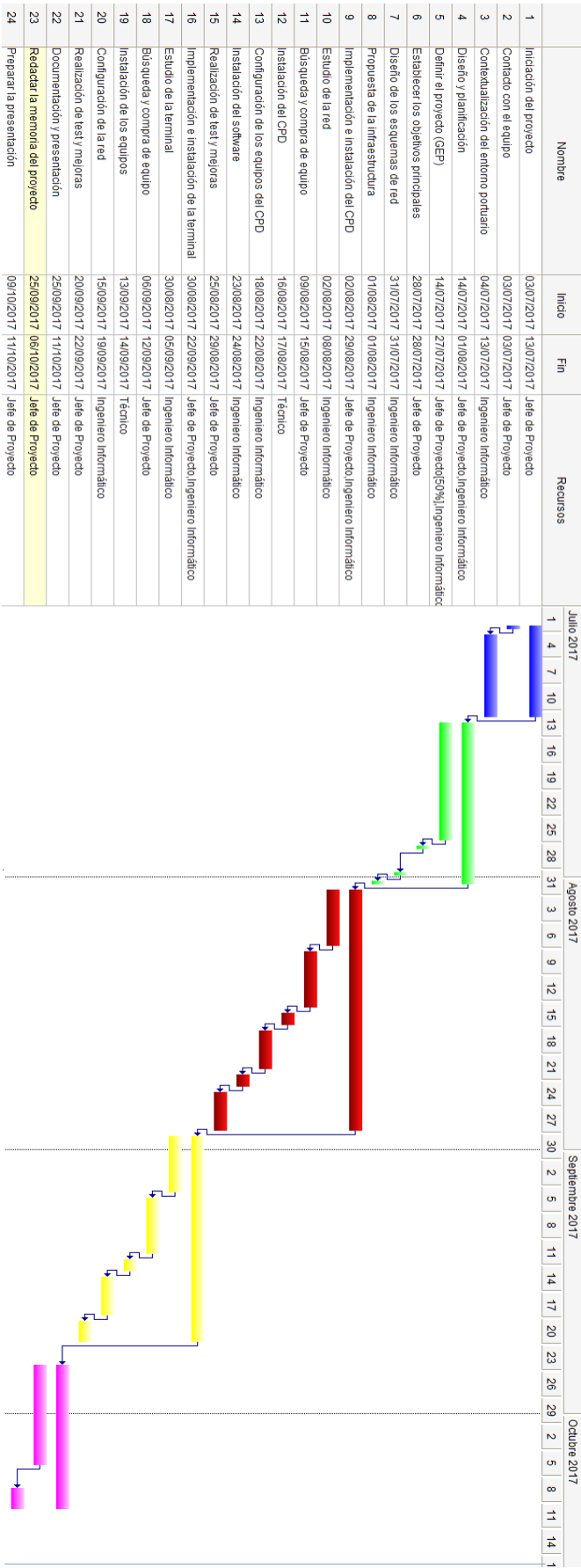


Ilustración 32: Diagrama de Gantt